



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis Estático no Lineal y Desempeño Sísmico de los Módulos  
V y VI de la I.E. Hermanos Blanco - Trujillo 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Cisneros de la Cruz, Walter Iván (ORCID: 0000-0001-5972-3260)

Gonzales Bejarano, Diego Dario (ORCID: 0000-0002-4944-6981)

**ASESOR:**

Mg. Juan Humberto Castillo Chávez (0000-0002-4701-3074)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

*A mis padres, hermanos y sobrinos por  
apoyarme en todo este tiempo, los  
amo demasiado.*

*A mi Madre y mi Tío quienes fueron las personas  
que me motivaron a seguir adelante en mi vida  
como profesional y persona.*

## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad César Vallejo que me  
alojó por todo este tiempo y hacerme  
un profesional.*

*A mis docentes de mi universidad de la rama  
De ingeniería estructural por inculcarme los  
Conocimientos necesarios e incentivar me al  
Camino de la investigación.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE .....	iv
INDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGIA .....	28
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	28
3.1.1. Tipo de Investigación .....	28
3.1.2. Diseño de Investigación.....	28
3.2. Variables y Operacionalización .....	29
3.2.1. Variable Dependiente .....	29
3.2.2. Variable Independiente.....	29
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	29
3.3.1. Población.....	29
3.3.2. Muestra .....	29
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad. ....	29
3.4.1. Técnicas de Investigación .....	29
3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.....	30
3.4.3. Validez y Confiabilidad.....	30
3.5 Procedimiento .....	30
3.6. Método de Análisis de Datos .....	31
3.7 Aspectos Éticos .....	31
3.7.1 La Responsabilidad Social .....	31
3.7.2 Honestidad .....	32
IV. RESULTADOS .....	33
4.1 Características Arquitectónicas .....	34
4.2. Proceso del Análisis Sísmico .....	36



4.2.1. Características de los materiales .....	38
4.2.2 Cargas Consideradas .....	40
4.2.3 Parámetros Sismorresistentes .....	42
4.2.4. Derivas del Análisis Estático Lineal.....	46
4.2.5 Periodos y Frecuencias del Análisis Dinámico Lineal .....	47
4.2.6. Espectros de Respuesta del Análisis Dinámico Lineal .....	48
4.2.7 Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal .....	51
4.2.8 Derivas del Análisis Dinámico Lineal.....	52
4.3 Estructuración para el Análisis Estático no Lineal .....	53
4.4 Rótulas Plásticas de los Módulos .....	54
4.4.1 Rótulas Plásticas en el Módulo VI .....	54
4.4.2 Rótulas Plásticas en el Módulo V .....	55
4.5 Obtención de la Curva de Capacidad.....	57
4.5.1. Curva de Capacidad del Módulo VI .....	57
4.5.2 Curva de Capacidad del Módulo V .....	58
4.6 Espectros de Capacidad .....	60
4.6.1 Espectros de Capacidad del Módulo VI .....	60
4.6.2. Espectros de Capacidad del Módulo V .....	62
4.7 Espectro de Demanda .....	63
4.8 Punto de Desempeño .....	65
4.8.1 Método del Espectro de Capacidad – Fema 440 .....	65
4.8.2 Método de los coeficientes – ASCE/SEI 41-13 .....	67
4.9 Determinación del Desempeño Sísmico .....	68
4.9.1 Método del Espectro de Capacidad – FEMA 440 .....	69
4.9.2 Método de los Coeficientes – ASCE/SEI 41-13.....	73
V. DISCUSIÓN .....	77
VI. CONCLUSIONES .....	79
VII. RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS .....	88

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de Variables (ver Anexo 1) .....	29
<b>Tabla 2:</b> Factores de Zona.....	43
<b>Tabla 3:</b> Factor del Tipo de Suelo.....	43
<b>Tabla 4:</b> Periodo TP y TL.....	44
<b>Tabla 5:</b> Categoría y Factor U.....	44
<b>Tabla 6:</b> Sistemas Estructurales .....	45
<b>Tabla 7:</b> Límites para la Distorsión del Entrepiso.....	45
<b>Tabla 8:</b> Derivas Estático Lineales en la Dirección X del Módulo VI.....	46
<b>Tabla 9:</b> Derivas Estático Lineales en la Dirección Y del Módulo VI.....	46
<b>Tabla 10:</b> Derivas Estático Lineales en la Dirección X del Módulo V.....	46
<b>Tabla 11:</b> Derivas Estático Lineales en la Dirección Y del Módulo V.....	47
<b>Tabla 12:</b> Periodos y Frecuencias del Módulo V.....	47
<b>Tabla 13:</b> Periodos y Frecuencias del Módulo VI.....	47
<b>Tabla 14:</b> Datos del Espectro de Respuesta.....	48
<b>Tabla 15:</b> Datos del Espectro de.....	49
<b>Tabla 16:</b> Datos del Espectro de.....	50
<b>Tabla 17:</b> Masas Participativas del Módulo VI .....	51
<b>Tabla 18:</b> Masas Participativas del Módulo V .....	51
<b>Tabla 19:</b> Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo V .....	51
<b>Tabla 20:</b> Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección Y del Módulo V .....	52
<b>Tabla 21:</b> Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo VI .....	52
<b>Tabla 22:</b> Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección Y del Módulo VI .....	52
<b>Tabla 23:</b> Derivas del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo V .	52
<b>Tabla 24:</b> Derivas del Análisis Dinámico Lineal en Dirección Y del Módulo V .	53
<b>Tabla 25:</b> Derivas del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo VI	53
<b>Tabla 26:</b> Derivas del Análisis Dinámico en Dirección Y del Módulo VI.....	53
<b>Tabla 27:</b> Coordenadas Espectrales.....	60

<b>Tabla 28:</b> Coordenadas Espectrales en Dirección Y del Módulo. VI.....	61
<b>Tabla 29:</b> Coordenadas Espectrales.....	62
<b>Tabla 30:</b> Coordenadas Espectrales en Dirección Y del Mod. V .....	62
<b>Tabla 31:</b> Espectros Sísmicos de Pseudoaceleraciones .....	63
<b>Tabla 32:</b> Coordenadas Espectrales de cada Periodo de Retorno .....	64
<b>Tabla 33:</b> Puntos de Desempeño del Módulo VI – FEMA 440.....	66
<b>Tabla 34:</b> Puntos de Desempeño del Módulo V – FEMA 440.....	66
<b>Tabla 35:</b> Puntos de Desempeño del Módulo VI - ASCE/SEI 41-13.....	67
<b>Tabla 36:</b> Puntos de Desempeño del Módulo V - ASCE/SEI 14-13.....	67
<b>Tabla 37:</b> Movimientos Sísmicos de Diseño .....	68
<b>Tabla 38:</b> Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo VI - Fema 440 .....	70
<b>Tabla 39:</b> Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo V - Fema 440 .....	72
<b>Tabla 40:</b> Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo VI - Asce/Sei 41-13 .....	74
<b>Tabla 41:</b> Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo V - Asce/Sei 41-13 .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la Institución Educativa Hermanos Blanco.....	33
Figura 2: Planta del Primer Piso del Módulo V .....	34
Figura 3: Planta del Segundo Piso del Módulo V .....	34
Figura 4: Planta del Tercer Piso del Módulo V .....	35
Figura 5: Planta del Módulo VI .....	35
Figura 6: Planta del Modelado en el Software Etabs del Módulo VI.....	36
Figura 7: Vista Tridimensional en el Software Etabs del Módulo VI .....	36
Figura 8: Planta del Modelado en el Software Etabs del Módulo V .....	37
Figura 9: Vista Tridimensional en el Software del Módulo V .....	37
Figura 10: Propiedades del Acero de los Módulos V y VI .....	38
Figura 11: Propiedades del Concreto de los Módulos V y VI .....	39
Figura 12: Casos de Carga del Módulo VI .....	40
Figura 13: Casos de Carga del Módulo V .....	41
Figura 14: Dirección en X del Análisis de los Módulos V y VI .....	41
Figura 15: Dirección en Y del Análisis de los Módulos V y VI .....	41
Figura 16: Asignación de Diafragma Rígido al Módulo VI .....	42
Figura 17: Asignación de Diafragma Rígido al Módulo V .....	42
Figura 18: Espectro de Respuesta en X y Y del Módulo VI.....	48
Figura 19: Espectro de Respuesta en Dirección X del Mod. V.....	49
Figura 20: Espectro de Respuesta en Dirección Y del Módulo. V .....	50
Figura 21: Ubicación de las Primeras Rótulas Plásticas .....	54
Figura 22: Fallas Locales antes del Colapso del Módulo VI.....	55
Figura 23: Ubicación de las Primeras Rótulas Plásticas del Módulo V .....	56
Figura 24: Fallas Locales antes del Colapso del Módulo V .....	56
Figura 25: Curva de Capacidad en Dirección X del Módulo VI.....	57
Figura 26: Curva de Capacidad en Dirección Y del Módulo VI.....	58
Figura 27: Curva de Capacidad en Dirección X del Módulo V.....	59
Figura 28: Curva de Capacidad en Dirección Y del Módulo V.....	59
Figura 29: Espectros de Capacidad en Dirección X del Mod. VI.....	60
Figura 30: Espectro de Capacidad en Dirección Y del Mod. VI.....	61
Figura 31: Espectro de Capacidad en Dirección X del Mod. V .....	62

Figura 32: Espectro de Capacidad en Dirección Y del Mod. V .....	62
Figura 33: Espectros Sísmicos de Respuesta.....	64
Figura 34: Espectros de Demanda de Cada Periodo de Retorno .....	65
Figura 35: Objetivos de Desempeño para Estructuras.....	69
Figura 36: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Periodo de Retorno— FEMA 440 .....	69
Figura 37: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Periodo de Retorno— FEMA 440 .....	70
Figura 38: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno – FEMA 440 .....	71
Figura 39: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno- FEMA 440 .....	72
Figura 40: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Periodo de Retorno - ASCE/SEI 41-13.....	73
Figura 41: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Periodo de Retorno - ASCE/SEI 41-13.....	74
Figura 42: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno - ASCE/SEI 41-13.....	75
Figura 43: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno - ASCE/SEI 41-13.....	76

## RESUMEN

La presente investigación aplica la teoría y aplicación del análisis estático no lineal y desempeño sísmico del módulo VI de 1 piso y el módulo V de 3 pisos de una institución educativa de la ciudad de Trujillo. Estos dos módulos cuentan con sistemas estructurales diferentes, el módulo de 1 piso es de pórticos y el de 3 pisos es un sistema dual (pórticos y placas), con el objetivo de encontrar el desempeño sísmico de ambas estructuras para cada periodo de retorno.

El análisis de ambos módulos desarrollados en el software ETABS 2018 estuvieron en función de los parámetros sísmicos de la norma técnica peruana y los códigos internacionales como el FEMA 440, Comité Visión 2000 (SEAOC), Asce/Sei 41-13. Primero se realizó el análisis estático y dinámico lineal dando como resultado que si cumplen con lo establecido por la E0.30. Posteriormente se procede a añadir los parámetros no lineales recomendadas por los códigos, obteniendo como resultado del Análisis Estático no Lineal Pushover las rótulas plásticas en los elementos vigas y columnas así como también la curva de capacidad en ambas direcciones de los módulos V y VI. Para la obtención del punto de desempeño se aplico dos métodos los cuales utilizan espectros de demanda, primero está el Método del Espectro de Capacidad dado por el FEMA 440 y el segundo método tenemos al Método de los Coeficientes dado por el ASCE/SEI 41-13.

Finalmente encontrados los puntos de desempeños para cada periodo de retorno de ambos módulos y por los dos métodos se evalúa el desempeño sísmico según los objetivos de desempeño para estructuras esenciales que nos recomienda el Comité Visión 2000.

Palabras Clave: Pushover, Desempeño Sísmico, Rotulas Plásticas, Curva de Capacidad, Ductilidad, Punto de Desempeño Sísmico.

## **ABSTRACT**

This research applies the theory and application of nonlinear static analysis and seismic performance of 1-story module VI and 3-story module V of an educational institution in the city of Trujillo. These two modules have different structural systems, the 1-story module is made of frames and the 3-story module is a dual system (frames and plates), with the aim of finding the seismic performance of both structures for each return period.

The analysis of both modules developed in the ETABS 2018 software was based on the seismic parameters of the Peruvian technical standard and international codes such as FEMA 440, Vision 2000 Committee (SEAOC), Asce / Sei 41-13. First, the linear static and dynamic analysis was carried out, giving as a result that they comply with the provisions of E0.30. Subsequently, the nonlinear parameters recommended by the codes are added, obtaining as a result of the Nonlinear Pushover Static Analysis the plastic hinges in the beam and column elements as well as the capacity curve in both directions of the V and VI modules. To obtain the performance point, I apply two methods which use demand spectra, first is the Capacity Spectrum Method given by FEMA 440 and the second method we have the Coefficient Method given by ASCE / SEI 41-13.

Finally, the performance points for each return period of both modules were found and by the two methods the seismic performance is evaluated according to the performance objectives for essential structures recommended by the Vision 2000 Committee.

Key words: Pushover, Seismic Performance, Plastic Hinges, Capacity Curve, Ductility, Seismic Performance Po

## **I. INTRODUCCIÓN**

Hoy en día el diseño para nuestras edificaciones parte de manera simplificada con respecto al verdadero comportamiento cercano a la realidad de la estructura, los materiales que lo componen, las secciones de los elementos estructurales, elementos no estructurales y sobre todo su incursión en el rango no lineal, por motivos de simplificación de los cálculos realizados. Nuestra norma de diseño sismorresistente establece un sismo de diseño severo de periodo de retorno de 475 años por lo cual carece a mayor detalle de otras demandas muchos mayores para su evaluación y la metodología necesaria que es el diseño basado en desempeño sísmico donde nos permite evaluar para distintos objetivos de desempeño deseados permitiéndonos conocer si cumplen con lo establecido en el diseño.

Por la cual por este motivo desconocemos con certeza el comportamiento real de la estructura y si logra cumplir con su objetivo de desempeño esperado para muchas de nuestras edificaciones de categoría esencial destinado para uso educativo, por la cual la norma E0.30 de diseño sismorresistente indica que estas estructuras deberían servir de refugio ante una eventualidad sísmica o la ocurrencia de un desastre que servirían para salvaguarda la vida de las personas. Casi todas las instituciones educativas no han sido verificadas mediante un post análisis mediante los métodos no lineales y verificaciones de sus objetivos de desempeño sísmico. Por lo tanto realizaremos una verificación del desempeño sísmico mediante la aplicación de un análisis estático no lineal Pushover a los módulos V y VI de la institución educativa Hermanos Blanco. El modulo V cuenta con 3 pisos con sistema estructural de pórticos en la dirección X y sistema estructural dual en la dirección Y, el módulo V cuenta con un solo piso con sistema estructural de pórticos en ambas direcciones.

De esta manera nos permitirá conocer si la estructura logra cumplir con su objetivo esperado para distintas demandas sísmicas tomando referencia a normas internacionales americanas como SEAOC, FEMA Y ASCE 41-13



como en donde nos especifica las herramientas necesarias para aplicar la metodología.

Por lo cual nos planteamos la siguiente incógnita, ¿Cuál será el comportamiento y nivel de desempeño sísmico de los módulos V y VI de la I.E. Hermanos Blancos mediante un análisis estático no lineal PUSHOVER para distintas sollicitaciones de demandas sísmicas?

Esta investigación es de relevante importancia ya que nos permite incursionar en un análisis con mayor detalle en el rango no lineal del comportamiento de las estructuras, sobre todo para aquellas estructuras de categoría esencial A-2-uso educativo, la cual la norma indica que estas después de una situación de emergencia servirán de refugio para la población afectada.

Por lo general hoy en día el tipo de análisis y diseño que nos indica el RNE (reglamento nacional de edificaciones) está enfocado solo a incursionar la parte lineal del comportamiento de las estructuras y no brindándonos a mayor detalle del análisis y diseño en el rango no lineal, considerando que sus propiedades como rigidez y amortiguamiento serán constantes y no varían en el tiempo, así como los desplazamiento, fuerzas internas y reacciones serán proporcional a la fuerza de aplicación a la estructura. Cosa que esto no ocurre en la realidad ya que las estructuras tienden a cambiar sus propiedades y deformarse ante sollicitudes sísmicas, hoy en día que llevamos un largo periodo de silencio sísmico, con esta metodología nos permitirá conocer cómo será el comportamiento de nuestras estructuras y conocer el estado actual de edificaciones existentes y plantear posibles soluciones para su mejor desempeño.

Hay que destacar que la última actualización de la norma E-030 diseño sismorresistente ha incorporado artículos relacionados a la evaluación sísmica de edificaciones existentes como la verificación última de resistencia según la norma ASCE 41-13 pero no siendo como exigencia de análisis, quedando a disposición del profesional. En el capítulo VIII (evaluación, reparación y reforzamiento de estructuras) indica que puede usarse como guía para reforzamiento de estructuras "Engineering Guideline for

Incremental Seismic Rehabilitation” FEMA P420-USA-2009, cabe rescatar que en la actualidad existente normas más actualizadas como el Fema 356, 440 y otras normas como el ATC -40 y el ASCE41-13. Este último será de aplicación para esta investigación. En el análisis no lineal nos permite acercarnos a un comportamiento más real de la estructura, pudiendo conocer como la rigidez y amortiguamiento presentan variaciones a través del tiempo. Con el método del Pushover podremos llevar a la estructura al colapso o un desplazamiento máximo deseado con lo cual podremos construir su curva de capacidad donde podremos evaluar en que puntos se generan mecanismos de falla(plasticidad) o agrietamiento en los elementos estructurales , verificar la proporción de sobre resistencia ,verificar las conexiones críticas que puedan permanecer con condición de transmitir las cargas entre sus elementos y la posibilidad de hacer un rediseño para un mejor desempeño de la estructura. Los documentos normativos como el FEMA 440, ASCE-41-13, ATC-40 nos brindan metodologías para trabajar un análisis estático no lineal y evaluar estructuras existentes y nuevas en concreto armado en las cuales podremos definir el nivel de desempeño (inmediata ocupación, salvaguardar vidas, prevención de colapso) de acuerdo a la demanda sísmica solicitada (sismo de servicio, sismo de diseño o sismo máximo).

Por lo tanto se decidió como objetivo general Realizar un análisis estático no lineal PUSHOVER y desempeño sísmico de los módulos V y VI de la I.E Hermanos Blancos y como objetivos específicos, Realizar el modelamiento estructural y asignación de (áreas de acero, carga viva, carga muerta, patrón de cargas laterales, cargas gravitacionales no lineales y rotulas plásticas) en el software Etabs de los módulos V y VI de la I.E Hermanos Blancos, realizar el análisis estático no lineal pushover para la obtención de las curvas de capacidad para los módulos V y VI de la I.E Hermanos Blanco, Determinar el punto de desempeño para distintas demandas sísmicas para los módulos V y VI de la I. E Hermanos Blanco, Determinar los niveles de desempeño para distintas demandas sísmicas para los módulos V y VI de la I.E Hermanos Blanco.

Suponiendo que esta investigación tendrá la siguiente hipótesis, los módulos V y VI de la I.E Hermanos Blanco lograron tener un comportamiento y nivel óptimo de objetivo de desempeño sísmico, sobrepasando lo que exige la norma E-0.30 de diseño sismo resistente que indica un diseño para un sismo severo de periodo de retorno de 475 años.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En nuestra investigación nos centraremos en estudiar el comportamiento de una edificación de categoría esencial -A2 de uso educativo (colegio) mediante un análisis no lineal y desempeño sísmico. En el ámbito nacional como internacional se han realizado proyectos de investigación similares sobre este tema que hoy en día es importante realizar a toda estructura.

Como en la tesis de Flores J. (2018), fijó como objetivo: Determinar el desempeño sísmico de una edificación de concreto armado del distrito de Chimbote en el 2018. Empleando la Metodología: De acuerdo a la norma peruana de sismorresistencia (e-0.30) se desarrolló el análisis sísmico lineal. Para el análisis no lineal se utilizó pasos que mandan las normas internacionales ATC-40 y FEMA-440. Concluyendo en: El nivel de desempeño que presento el edificio de 7 niveles se encontró en Funcional y Seguridad de vida, por lo tanto este método para hacer un análisis inelástico contribuyo como una manera de comprobación de su diseño.

También se tiene la investigación de Meza C. (2018), fijó como objetivo: Determinar el nivel de desempeño sismorresistente mediante el análisis estático no lineal pushover de la I.E. JCM N°2048 – pabellón “G”- Comas-2017”. Empleando la Metodología: Mediante el análisis estático no lineal pushover y haciendo uso de la guía FEMA de procedimientos no lineales se obtuvo la curva de capacidad y encontró el punto de fluencia, seccionamientos así como también el espectro de demanda teniendo en cuenta la norma e-0.30, todo el análisis se procesó en el software SAP2000 V.19.2. Concluyendo en: Hecho el desempeño sísmico y teniendo en cuenta la guía FEMA el análisis de la estructura en la dirección “X” cumple con lo

establecido para estructuras esenciales caso contrario la dirección “Y” no cumplió con lo requerido para estructuras esenciales.

En su tesis Fernández H. (2018), fijó como objetivo: Analizar la estructura mediante el método del pushover para evaluar el desempeño sísmico de la institución educativa José Gregorio Paredes Ayala, centro poblado yungasuyo, región Amazonas. Empleando la metodología: El análisis pushover siguiendo los documentos del FEMA, ATC-40, y ASCE 41-3, empezando por el modelado de la estructura en el programa etabs y verificó su configuración estructural con un análisis sísmico cumpliendo con los parámetros de la norma E.030 con ayuda de las especificaciones de los planos estructurales. Concluyendo en: la estructura de concreto armado analizada no cumple en ambas direcciones tanto por la normativa nacional E.030 ni por los códigos internacionales, para eso se recomendó un reforzamiento que consta de incrementar la sección y la cuantía de acero en columnas.

La tesis de Intor V. y Martos R. (2017) ,fijaron como objetivo: Determinar el nivel de desempeño sísmico del módulo “A” de la I.E. San Ramón ante la ocurrencia de un sismo raro. Empleando la Metodología: Se desarrolló a través de procedimientos de análisis inelástico y desempeño sísmico de la estructura en el cual se empleó las técnicas espectrales no lineales como manda la norma ATC-40 cumpliendo las sugerencias del SEAOC. Concluyendo en: se cumple lo esperado mediante la hipótesis propuesta y con lo especificado en la SEAOC en la cual el módulo A-1 en la dirección “X” es de seguridad de vida y en “Y” es funcional, el módulo A-2 en dirección “X” y “Y” es funcional.

Así mismo en la investigación de Calvo V. y Chávez C. (2018), fijaron como objetivo: Realizar el diseño sísmico por desempeño de un edificio de uso multifamiliar típico en la zona de estudio, para determinar la secuencia de fallas en la estructura. Empleando la metodología: Del diseño basado en el desempeño haciendo uso principalmente de los criterios que recomienda los documentos del Visión 2000 (SEAOC 1995), definiendo los objetivo de desempeño que se expresan en niveles de daño que se espera e

identificando el peligro sísmico que comúnmente se representa con el espectro de respuesta, procediendo al diseño estructural y realizando la comprobación de aceptabilidad con lo cual se verificó que los objetivos de desempeño se cumplan. Concluyeron en: Los pórticos en la dirección “X” mostraron más rótulas plásticas y daños a comparación que en la dirección “Y” pudiendo ser debido al menor número de elementos verticales que en la otra dirección, las consecuencias del diseño final de la edificación fueron conformes para que cumpla un comportamiento sísmico adecuado. El análisis no lineal pushover nos muestra la magnitud de daño por el seguimiento de la deformación de desempeño que embarca a giros y desplazamientos en los elementos estructurales y así saber si son daños que son aceptables o no para los límites de aceptación.

También tenemos a Choque S. y Luque S. (2019), fijó como objetivo: Aplicar la metodología del diseño basado en el desempeño sísmico a dos alternativas de estructuración de un edificio de 8 niveles para evaluar y comparar los resultados obtenidos. Empleando la Metodología: se realizó mediante el análisis estático no lineal pushover para la obtención de la curva de capacidad de ambos sistemas estructurales en estudio así como también la colocación de las rotulas plásticas todo el análisis procesado por el programa ETABS y para el desempeño de la estructura se emplearon dos métodos los cuales fueron : El método de los coeficientes y el método del espectro de respuesta siguiendo los pasos respectivos de las normas internacionales (ATC-40, ASCE/SEI 41-13, FEMA 440). Concluyendo en: El edificio de sistema de pórticos logra un mecanismo al colapso como se predecía, falló por ductilidad con una mayor formación de rotulas en la vigas y menor en las columnas por lo cual no cumplió con el desempeño para un sismo frecuente. El edificio de sistema de muros estructurales falló por flexión en los muros de corte interiores, en su base.

También tenemos la tesis internacional de Villanueva M. (2009), fijó como objetivo: Aplicar la metodología de Diseño Sísmico por Desempeño a una estructura de hormigón armado, en base a muros y marcos y comparar los resultados con los obtenidos al aplicar la Norma Chilena NCh 433 Of.96 “Diseño Sísmico de Edificios”. Empleando la Metodología: del análisis

estático no lineal para la obtención de la curva de capacidad la cual mediante una representación bilineal se creó el espectro de capacidad, se tuvo en cuenta las propiedades que nos brinda el FEMA 356. Se analizó el desempeño de la estructura de acuerdo a los objetivos que establece el documento VISION2000. Concluyendo en: Durante un sismo frecuente y ocasional la estructura permanecerá operacional, frente a sismos raro y muy raro esta garantiza la seguridad de vida.

Así como también en la investigación de Salcedo B. (2017), fijó como objetivo: Determinar el desempeño sísmico por el método pushover de un edificio en la ciudad de barranquilla con la norma NSR-10. Empleando la Metodología: El desempeño sísmico se determinó mediante el pushover, se realizó el análisis del edificio en el rango elástico y posterior en el rango inelástico mediante el software ETABS. Concluyendo en: hecho el primer paso del método pushover en el story 1 se forman rotulas plásticas en las vigas lo cual es recomendable que estos elementos sean los primeros en fallar, ya en el segundo paso del método las rotulas también se forman en las columnas y en más vigas, mientras que en todos los pisos superiores no presentan rotulas plásticas. Al presentarse el sismo de diseño el cual se le genere ala estructuras su nivel de desempeño será de ocupación inmediata.

Así mismo Sánchez A. (2010), fijó como objetivo: Evaluar el comportamiento sísmico de una edificación categoría (A) “esencial” aplicando los criterios del diseño sísmico basado en desempeño. Empleando la Metodología: De diseño por desempeño de un edificio de concreto armado haciendo uso del análisis estático no lineal. Concluyendo en: en comparación con el método por resistencia del RCDF, los resultados que se obtuvieron del diseño por desempeño fueron más exactos. No fueron necesarios considerar los efectos  $P\Delta$  porque no influirán de manera significativa en la respuesta dinámica ya que las distorsiones son muy bajas 0.5 de lo que manda el RCDF.

Para el desarrollo del análisis estático no lineal se utilizara normas y códigos americanos por lo tanto es de importancia conocer acerca de estas: uno de los códigos es el ATC 40, (1996): Seismic Evaluation and Retrofit of

Concrete Building, (1996) surgió mediante una propuesta denominada Proposición 122 por lo que fue consultada a votación por los ciudadanos de California en Estados Unidos con el propósito de lograr la el permiso de California Seismic Safety Commission (CSSC) que ponga al alcance recursos para realizar actividades de adaptación sísmica en el sector privado, con el motivo de realizar y mejorar las prácticas de adecuación sísmica en edificaciones de tipo gubernamental , para aquellas edificaciones que se encontraran en un estado vulnerable de concreto armado . Para 1994 Applied Technology Council (ATC) consiguió el contrato para desarrollar la metodología y comentar acerca de evaluación y adecuación sísmica en edificaciones existentes de concreto teniendo como resultado final el documento ATC-40.

La Structural Engineers Association of California (Comité Visión 2000 SEAOC, 1995) impulsó una serie de criterios de evaluación para el diseño de estructuras basadas en desempeño que propone movimientos sísmicos de diseño, niveles y objetivos de desempeño.

Así mismo el FEMA 440, 2005: Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. El objetivo de este documento fue la evaluación y mejoramiento de los procedimientos estáticos no lineales (NSP), en relación con otros documentos como el FEMA 356 y el ATC-40 para indicar como y cuando se aplicaran cada metodología. Fema inicio este documento en conjunto con el ATC- 40, basado en reportes de discrepancias entre ambas metodologías Nonlinear Static Procedures para lo cual se realizar muchas mejoras por lo expusieron en este documento.

También se emplea el ASCE/SEI 41-13, 2014: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (2014) esta norma describe los procedimientos basado en las deficiencias que utilizan los principios del diseño basado en desempeño para la evaluación y adecuación de edificaciones existentes ,con el propósito de que sean resistente ante acciones sísmicas .combina la evaluación y la adecuación planteando en procedimiento en tres etapas para la evaluación en función a un rango de niveles de desempeño que van desde la prevención del colapso hasta operacionalidad de la estructura uniando el comportamiento estructural esperado con el desempeño de

elementos no es estructurales. Los procedimientos basados en deficiencias permitieron captar aquellas rescatas de sismos pasados, para la cual sean consideradas en la clasificación de las edificaciones en función a su tipo y altura. En esta norma también están definidos los procedimientos de análisis, criterios de aceptación y requerimientos para cimentaciones, componentes en acero, concreto, madera, mampostería, sistemas arquitectónicos, mecánicos, sistemas de protección sísmica.

El análisis estático no lineal pushover, también conocido como el método del empuje o el método cargas estáticas incrementales es uno de los métodos de análisis no lineal simplificado que nos permite conocer el comportamiento de la edificación debido a solicitaciones de cargas incrementales, estas pueden estar ubicadas en sus niveles de entre piso para un sistema en dos dimensiones (pórtico) y para edificaciones en 3 dimensiones estas se encuentran ubicadas en su centro de masas. Este método nos permite dos posibilidades de análisis, uno es llevando a la edificación a su punto de colapso o mediante un desplazamiento objetivo, permitiéndonos conocer cuál será su comportamiento en el rango no lineal y mecanismos de fallas que ocurriesen mediante la formación de las rótulas plásticas presentándonos mediante la curva de capacidad pushover que relaciona la cortante basal vs desplazamiento en el nivel para cada dirección de análisis. Entre las características del análisis estático no lineal pushover tenemos que nos permite hallar la mencionada curva de capacidad y determinar la ductilidad que desarrollan los elementos estructurales, este método convierte un sistema de varios grados de libertad a un sistema de un grado de libertad lo cual nos permite encontrar los puntos de falla posibles en los elementos estructurales así como los estados límites de servicio de la estructura y nos da la opción de ingresarle un desplazamiento a criterio para evaluar su desempeño.

Este análisis se basa en energía de deformación de la estructura, por lo que este análisis conduciría a despreciar la energía cinética y la de amortiguamiento viscoso. El posible daño de una estructura es por parte de la deformación como de la energía sísmica; el procedimiento que realiza este análisis toma en consideración que el daño que sufre la estructura solo



depende de la deformación lateral, no tomando en cuenta los efectos de la duración y de disipación de energía acumulada, quiere decir que la aplicación de esta medida de daño es simple, específicamente para estructuras no dúctiles, donde los cíclicos histeréticos inelásticos muestran un resistente estrechamiento y con forma errática (Calcina, 2017).

Las rótulas plásticas son el mecanismo encargado de la disipación de la energía que concede la rotación plástica en la sección del elemento permaneciendo prácticamente constante el momento plástico. El nombre de rótula plásticas nos dice que ya está en una condición plástica que implica que el elemento en esa zona supero su condición elástica ha pasado de un rango elástico a uno inelástico. En un análisis no lineal la no linealidad está definido por las rotulas plásticas. Se ubica en la zona de cedencia donde su formación se inicia en las secciones de los elementos estructurales, cuando sobre estas se excede el momento de cedencia y debido a este momento se obtiene altos niveles de deformación sin intervención de los incrementos de cargas, ha esto se le conoce como articulación o rótula plástica. Estas son de suma importancia para llegar a definir el modelo no lineal. Estás se ubican en el programa a una distancia  $L_p$  en vigas y columnas donde  $L_p=0.5h$ , en donde  $h$  es el peralte, ver Anexo 2.

Para simular un verdadero comportamiento de las estructuras es importante darle los parámetros y criterios para lograr un adecuado comportamiento de los elementos estructurales. Por este motivo el diagrama momento curvatura y diagrama momento rotación son esenciales para el respectivo monitoreo del proceso de su sollicitación en la etapa tanto elástica e inelástica.

Hay modelos teóricos para la obtención de la curva de capacidad basándonos en el comportamiento para el concreto armado que es un material que está conformado por concreto y acero estructural. El concreto es un material que tiene una alta resistencia a la compresión, pero muy baja a la tracción, es necesario incorporarle un armado de acero para que trabaje satisfactoriamente a tracción.

El material que permite dar ductilidad a los miembros es el acero, permitiendo otorgar mayor capacidad de deformación antes de fallar, de esta

manera la estructura fallara de manera dúctil y no frágil. Esta es una de las razones de que las normativas establecen un acero mínimo de refuerzo. Para el análisis y evaluación de las estructuras de concreto armado se aplican modelos abreviados de las relaciones constitutivas propias del concreto y acero.

Los modelos esfuerzo deformación del concreto son fijados teniendo en consideración la velocidad en la que se aplica la carga, calidad de materiales y el confinamiento. El concreto sin confinar tiene un comportamiento menor que un concreto confinado, este último no solo es superior en esfuerzo máximo, también en el tipo de falla, al tener una mayor ductilidad.

Los modelos de concreto sin confinamiento: El modelo de Whitney reconocido como el bloque rectangular propuesto por el American Concrete Institute, es bastante recurrido para las evaluaciones y diseños porque es sencillo y conservador. Mantiene un comportamiento lineal de hasta un 50% de resistencia y su deformación máxima que el material puede realizar es de 0.003, ver Anexo 2. Este modelo tiene una consideración de una distribución uniforme de esfuerzos a la compresión. Para concretos menores a un  $F'c$  280kg/cm<sup>2</sup> el  $\beta$  será de 0.85. (Flores, 2018, p. 22)

El modelo de Hognestad está conformado por dos tramos, un tramo parabólico y otro lineal, ver Anexo 1. El tramo de la parábola termina en un  $f'_c$  junto a una deformación unitaria  $\varepsilon_o$ ; siguiendo el tramo lineal que comienza en el punto máximo donde acaba el tramo parabólico y este termina al tener una deformación unitaria de  $\varepsilon_{cu} \approx 0.0038$  y encontrarse con un esfuerzo de  $0.85f'_c$ . (Choque y Luque, 2019, p. 35).

El modelo del CEB (Comité Europeo del Concreto) pertenece a un estado inelástico perfectamente plástico, ver Anexo 2. Este es utilizado para diseños de elementos por flexión simple. (Esteba, 2017, p. 44).

Los modelos de concreto confinado: El modelo de Kent y Park es usado en el concreto confinado que tiene estribos rectangulares, no es usado para obtener la capacidad sísmica de las estructuras y consta de 3 tramos, ver Anexo 2. En el primer tramo se tiene una parábola el cual su esfuerzo máximo es debido a  $f'_c$  con una  $\varepsilon_o \approx 0.002$ . Continuando con un tramo lineal

que decrece en un  $0.20f'_c$ , está pendiente está relacionada con toda la resistencia del cilindro de concreto, también de la cantidad que contenga de volumen de refuerzo transversal teniendo en cuenta el volumen del núcleo de concreto (esto debidamente medido al exterior del refuerzo transversal), desde el ancho del núcleo confinado (medido al exterior de los refuerzos transversales) y también al espaciamiento de los refuerzos transversales. Por último, el tramo horizontal, este no considera un punto de falla que esté definido, es inexistente la capacidad que tiene de absorber fuerzas, mientras que si las deformaciones. (Choque y Luque, 2019, p. 36).

El modelo de Mander et al es usado para elementos con secciones rectangulares y espirales. Tiene en consideración que el confinamiento que se le proporciona le ayuda a incrementar su deformación unitaria y su resistencia del material, ver Anexo 2. Considerando que se generara la ubicación de la rótula plástica se debe considerar su reforzamiento por corte del elemento y lograra que este alcance la ductilidad necesaria. El punto de falla está definido por la fractura que sufre el acero transversal. La resistencia de la compresión confinada depende del esfuerzo lateral de confinamiento. (Choque y Luque, 2019, p. 37).

Los modelos esfuerzo deformación del acero, sabiendo que el comportamiento del acero al sobrepasar el rango lineal se vuelve difícil, se trabajan mediante 3 modelos de su curva esfuerzo deformación.

El modelo elastoplástico viene a ser el más sencillo de los 3 modelos, no considera el límite superior de fluencia y desprecia el incremento de esfuerzo al endurecimiento por efecto de la deformación, ver Anexo 2. No es recomendable para hallar el desempeño de una estructura porque considera de manera adecuada el comportamiento al pasar la fluencia. (Choque y Luque, 2019, p. 33).

El modelo trilineal, mantiene una buena representación y es utilizado cuando los elementos esta sometidos a deformaciones grandes a nivel de fluencia y considera el cambio que sufre el acero en las distintas zonas que estas son la lineal elástica, fluencia y el endurecimiento por deformación. (Esteba, 2017, p. 41)

El modelo de la curva completa también llamado elastoplástico con endurecimiento curvo, este modelo hace la representación de los rangos elásticos y de la fluencia en rectas, continuando con el tramo del endurecimiento que lo representa una curva, ver Anexo 2. El uso de este modelo no está frecuente por el grado de dificultad que conlleva, pero es el que más acertado en el comportamiento del acero hasta llegar a su rotura (Carpio, 2017, p. 20).

El diagrama momento - curvatura es un diagrama que nos representa la capacidad a flexión y su respectiva deformación por curvatura (la rotación por unidad de la longitud) sobre una sección de concreto armado en el estado lineal y no lineal, ver Anexo 2. El utilizar este diagrama de momento – curvatura se basa en que de este se puede extraer la curvatura de fluencia y última que están pasando por los estados límites detalladamente. Este diagrama nos proporciona alcanzar un claro entendimiento de la capacidad máxima de deformación inelástica, las particularidades de disipación de la energía, el actuar no lineal de la sección. Es correcto en cuanto más ductilidad tenga una sección, la capacidad de disipar energía de los elementos y de la estructura será aún más mejor. Este diagrama se obtiene mediante de modelos por parte del acero, concreto y la estructura.

El momento y la curvatura de una sección tienen similitud lineal al tener los momentos menores al agrietamiento, luego de esto la relación continuara aun en el rango lineal, su pendiente será el que se afecte, de llegar el momento que la fluencia del acero o el agotamiento del concreto se consiga. De ser que se produzca la fluencia del acero, la sección podrá continuando deformándose hasta que el concreto llegue a su máximo esfuerzo. En las zonas donde están más expuestas a actividad sísmica es de gran interés el conocer el comportamiento de las estructuras. Actualmente la mayoría de las estructuras están diseñadas para que soporten movimientos sísmicos permitiendo que estas realicen deformación plástica y esto es conocida estructuralmente como disipación de la energía absorbida. La medida que estas deformaciones presentan es entendida como rotaciones o desplazamientos por flexión de los elementos que conforman la estructura. La deformación que presenten los elementos por flexión en el momento

ultimo y en la cedencia principalmente depende mucho de la relación momento-curvatura (Alcántara y Nalvarte, 2016, p. 31).

El diagrama momento rotación a diferencia del momento curvatura que hace referencia a una sección, el diagrama momento rotación corresponde a una parte del elemento normalmente en el sector de la rótula plástica. Mediante el diagrama momento rotación se puede calcular la rotación inelástica de dos puntos en todo lo largo del elemento exactamente en la zona donde se encuentra la rótula plástica el cual tiene una longitud de plastificación equivalente. Esta longitud  $L_p$  incorpora grietas diagonalmente por corte que no son consideradas para construir el diagrama de momento curvatura, así como también no se considera el deslizamiento del acero, de las grietas y tampoco la disminución de la deformación unitaria del acero a causa del concreto no agrietado, de esta manera la rotación inelástica es inferior a la del cálculo, ver Anexo 2. Normas internacionales como el FEMA 440, ASCE/SEI 41-13, ATC-40 fijan un diagrama momento rotación simplificado y normalizado, la cual se grafica determinando varios parámetros.

La relación fuerza - deformación para la evaluación de una respuesta inelástica de la estructura es necesario tener conocimiento de la respuesta de los componentes al sobrepasar el rango lineal. Esta respuesta de cada componente tiene que ser representada por las curvas que tracen el comportamiento, mediante valores que se obtenga de manera experimental o que se tomaran de Tablas del ASCE/SEI 41-13.

Esta relación generalizada fuerza - deformación, traza una respuesta lineal del punto A hasta el B fluencia efectiva (Es una componente que no tiene carga), del punto BC una repuesta lineal de 10% de pendiente elástica teniendo reducción en la rigidez, este demuestra endurecimiento por deformación. En el tramo CD muestra perdida de la resistencia, a partir del tramo DE, el elemento trabaja con una resistencia constante mínima y para deformaciones que van más adelante del punto E su resistencia es cero, ver Anexo 2.

Es importante conocer que la ductilidad es la capacidad que tiene la estructura, elemento estructural de deformarse pasando el límite elástico

pero sin perder su resistencia y mediante esto poder disipar la energía durante los estados de carga, esto lleva a producir una falla dúctil de la edificación la cual es la falla que se requiere ante un evento sísmico. La ductilidad depende del área de acero que sea colocado, su dimensión del elemento, confinamiento del concreto y el tipo de solicitaciones que se consideró en el diseño. La ductilidad local o de la sección del elemento se define como el cociente entre la curvatura última y la curvatura de cedencia, esta relación nos define de los elementos su capacidad de rotación plástica que tendrá ante un crecimiento de los momentos frente a movimientos sísmicos.

Los países que están ubicados en zonas sísmicas, una de las consideraciones más importantes del diseño estructural es la ductilidad en toda la estructura y sus elementos cuando esta frente a movimientos de sismo. La filosofía para el diseño ante eventos sísmicos especialmente para los más severos, se centra en la disipación de energía mediante la deformación inelástica de los elementos. (Morales, 2016)

Hoy en día, a diferencia de hace varias décadas, ya se tiene una gran información con respecto a los comportamientos de los materiales y su aporte en el comportamiento de edificación, pasando por todos los elementos que la componen. De esta manera los siguientes tipos de ductilidad relacionadas a la capacidad de la estructura y de todos los elementos que la componen están:

La ductilidad de rotación (o de los miembros), esta se refiere a las propiedades de cada miembro que forma parte de la estructura, ductilidad axial referida a las deformaciones plásticas de los materiales, ductilidad de la estructura referida y que tiene en cuenta el comportamiento de toda la estructura, ductilidad de la sección transversal, la cual está enfocada en las deformaciones de la sección donde se encuentra la participación e interacción de los materiales que conforman la sección.

Considerando la capacidad que debe tener un elemento al momento de incursionar en el rango inelástico y no tener una apreciable pérdida en su resistencia. Se le llama dúctil a un sistema estructural si soporta grandes

deformaciones bajo cargas constantes, sin presentar niveles considerables de daño.

Para llevar a cabo el análisis pushover se someter a la estructura a un patrón de cargas ( $F_i$ ) aplicadas lateralmente, estas van incrementando de una manera proporcional hasta que la edificación alcance su capacidad máxima. La distribución de carga puede ser de manera uniforme, triangular, parabólica distribuida, ver Anexo 2.

Si se tratara de un patrón de desplazamientos estos obedecen a un grupo de desplazamientos predeterminados que se incrementaran progresivamente. Comúnmente los desplazamientos utilizados son los procedentes de los modos relevantes de vibración. Dado el análisis, el desplazamiento que se genera en el nudo determinado que generalmente se coloca en el techo y asignar un desplazamiento máximo, ver Anexo 2.

Mientras se da la aplicación de las cargas incrementales, se va generando el desplazamiento en el techo y se registran los datos de la fuerza cortante en la base de la estructura hasta que se logre el desplazamiento máximo que se requirió. El resultado de aplicar el patrón de cargas incremental se obtendrá la curva de capacidad la cual relaciona la fuerza cortante y el desplazamiento, ver Anexo 2.

La curva de capacidad representa la relación que hay entre las cargas incrementales que son aplicadas a la estructura y el desplazamiento que se origina en el piso superior de un edificio. En esta se representa la respuesta del primer modo de la estructura teniendo como hipótesis que el primer modo fundamental de vibración concierne con la respuesta predominante. Mediante esta se logra hallar la ductilidad de la estructura y también los mecanismos de formación de rotulas plásticas.

El espectro de capacidad se consigue convirtiendo todos los puntos que constituyen la curva de capacidad a puntos que serán coordenadas espectrales. Este espectro de capacidad será el representante de la curva de capacidad en el espacio de coordenadas espectrales la cual relaciona la aceleración espectral y el desplazamiento espectral. Para que llegue a realizar esta conversión, es importante tener conocimiento de las

propiedades dinámicas de la estructura los cuales son el factor de participación modal y los modos de vibración. Por eso primeramente se tiene que realizar un análisis modal de la estructura (Intor y Martos, 2017, p. 46).

El espectro de demanda determina el máximo desplazamiento espectral que la edificación puede experimentar ante una acción sísmica. El gráfico de espectro está compuesta por el desplazamiento espectral (SD) en el eje horizontal, la aceleración espectral (SA) en el eje vertical. El periodo de las estructuras se grafica con rectas diagonales que parten de la unión de los ejes horizontal y vertical. Con este espectro se logra obtener los gráficos de los desplazamientos y aceleraciones de demanda como el de capacidad (Intor y Martos, 2017, p. 48).

La respuesta elástica de estructuras para el método del espectro de capacidad se requiere un espectro de capacidad y también un espectro de demanda con un formato ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum), de esta manera el punto de desempeño será obtenida mediante la intersección de estos dos espectros, ver Anexo 2. Si se requiere que la respuesta estructural se ocasione en el rango lineal, el punto de desempeño también se podrá obtener intersectando los espectros de capacidad y demanda. (Choque y Luque, 2019, p. 31).

Así también tenemos, la respuesta inelástica de estructuras ante acciones de sismos de gran escala se tiene la proyección que las edificaciones incursionen en el rango inelástico, generando las rotulas plásticas que vendrían a hacer por donde se libere la energía. La demanda sísmica viene a estar en función de las propiedades dinámicas que contiene el edificio como rigidez, masa, amortiguamiento, pero la rigidez es la que varía al momento de incursionar en el rango inelástico.

De acuerdo al ATC-40 el comportamiento inelástico de las estructuras se puede representar mediante un amortiguamiento viscoso equivalente y que este depende del nivel que alcance su desplazamiento inelástico. Por lo tanto, para cada punto de la curva de capacidad se obtendrá un amortiguamiento viscoso equivalente y un espectro de demanda. La respuesta inelástica de estructuras (Anexo 2) grafica la reducción del



espectro de respuesta elástico con el objetivo de obtener el punto de desempeño ya en el rango inelástico por lo que sería una respuesta inelástica. (Choque y Luque, 2019, p. 32).

El punto de desempeño de la estructura es de principal utilidad para el diseño de estructuras nuevas, rehabilitación y sobre todo para los análisis de vulnerabilidad y daño sísmico. El reconocimiento del punto de desempeño nos deja comprender de manera más clara el comportamiento de una estructura que se encuentra expuesta a movimientos sísmicos de diferente intensidad y es de gran aporte para que se mejoren los rangos de seguridad con un presupuesto bajo (Intor y Martos, 2017, p. 50)

En su totalidad, los métodos espectrales nos dan la posibilidad de obtener la respuesta mayor de una estructura por la sollicitación sísmica que nos representa en un espectro. La aceleración y el desplazamiento mayores de la respuesta están vinculados por las propias características del edificio como la rigidez y resistencia que se muestran en el espectro de capacidad. La respuesta estructural máxima de esta manera pertenece a un punto dentro del espectro de capacidad al cual se le conoce como “punto de desempeño” que nos plasma la respuesta estructural.

Actualmente la filosofía de las normas nacionales e internacionales, que se basan en resistencia, su objetivo principal es que las estructuras ante demandas sísmicas de baja intensidad puedan resistir sin que esta sufra daños estructurales significativos, demandas moderadas con daños que sean reparables y demandas catalogadas como severos con la posibilidad que la estructura sufra daños considerables pero que no llegue al colapso (Escarrachi, 2010, p. 18)

Las normas de sismo resistencia muestran avances en conocimiento y entendimiento de fácil entendimiento, pero no son sinceros sobre el nivel que se espera del comportamiento o respuesta de la estructura en general. El desempeño sísmico en términos de daño potencial no es cuantificable porque generalmente se toma en consideración el nivel del movimiento que se genera en el terreno, por lo tanto, la estructura no debe llegar al colapso y raramente se afirma que puede llegar a ocurrir daños considerables y

perdidas relacionadas a sismos naturales más constantes. Las faltas detectadas en el desempeño sísmico de las edificaciones cuando se le somete a movimientos sísmicos de distinta intensidad dieron nacimiento del enfoque del diseño por desempeño. El desempeño sísmico busca que los diseños de edificaciones sean capaces de exhibir comportamientos probables cuando son expuestos a distintos niveles sísmicos.

La ingeniería que se basa en el estudio del desempeño se origina ante la obligación de que se cuente con estructuras que sean capaces de soportar la acción de sismo sin que llegue al colapso o exponer la seguridad de vida de los propietarios. Últimamente, la inclinación de la ingeniería estructural es incentivar el desarrollo y la aplicación de las nociones básicas del diseño sísmico basado en el desempeño estructural. Los códigos actuales tienen como objetivo de diseño la seguridad de vida, para sismos frecuentes y moderados un control de daños, en sismos severos considerara la prevención del colapso de la estructura. No obstante, lograr estos objetivos propuestos son dudosos por razones que las técnicas de análisis estructurales para el diseño que exigen las normas se basan en el estado elástico, esto no permite estimar los daños producidos debido a un comportamiento inelástico de las edificaciones para distintos niveles de sismos.

Los niveles de desempeño sísmicos describen un estado límite de daño, representando una condición limite en función a tres aspectos principales: posibles daños físicos estructurales y no estructurales, la seguridad de los ocupantes en la edificación inducido por los daños y la funcionalidad de la estructura después de un sismo. El nivel de desempeño estructural define el estado límite de daños admisible del sistema estructural.

Nivel de Desempeño mediante la Propuesta del Comité Visión 2000. Totalmente Operacional: Es un nivel donde no presentan daños a la edificación, permaneciendo en condiciones de seguridad para sus ocupantes, los servicios y funciones se mantienen disponibles sin requerir a reparaciones posterior al sismo.

Operacional: Es un nivel que presentan daños moderados en los elementos no estructurales y posibles daños leves a los elementos estructurales, pero no comprometiendo la estabilidad de la estructura para ser ocupada luego de la eventualidad sísmica. No obstante, los daños en algunos elementos como los no estructurales podrían interrumpir parcialmente algunas funciones, requiriendo reparaciones menores.

Seguridad: Es un nivel que presentan daños estructurales y no estructurales. Existe una disminución de su capacidad de rigidez lateral y cargas laterales adicionales. Los daños ocasionados podrían comprometer la seguridad y funcional de la estructural posterior al sismo. Por la cual se necesitará proveer medidas para su rehabilitación estructural, siempre y cuando sea justificable y viables en términos de costo y tiempo.

Próximo al Colapso: Es un nivel que presentan degradación considerable de la rigidez lateral y capacidad resistente del sistema, comprometiendo su estabilidad próxima al colapso. El costo de reparación puede ser muy costo y poco viable

Los niveles de desempeño mediante la propuesta del ATC-40 es una combinación de los niveles de los elementos estructurales y no estructurales, ambos definidos de manera independiente.

Niveles para elementos estructurales (SP). Ocupación inmediata SP-1: En estos niveles los daños que se presentan son limitados de manera muy considerable por lo cual el sistema estructural es resistente.

Control de daño, SP-2: Esta expresión no es realmente un rango específico, pero si un nivel que representa el rango de daño después del sismo que tiene una variación del SP-1 a SP-3. Este nivel nos proporciona la ubicación para las diferentes situaciones en donde es necesario que se limite el daño a la estructura al pasar el nivel de seguridad de vida, resaltando que la ocupación no es el problema.

Seguridad de Vida, SP-3: Es el estado donde se ha producido un daño considerable en la estructura pero aun contiene una franja que la separa del colapso parcial o general. Los elementos estructurales más importantes no

se han caído, lo cual amenazaría la seguridad de vida interna o externa de la edificación. En esta etapa es normal que se lleguen a dar lesiones frente un sismo, la probabilidad de lesiones graves a causa de los daños estructurales es bajo. Se debe tener un tiempo para las reparaciones estructurales para su próxima reocupación, es posible que los daños no sean económicamente reparables. Lo que si se pretende es que este rango de desempeño estructural sea más bajo que el de las nuevas edificaciones y su nivel de desempeño los cuales cumplen con los parámetros de los códigos.

Seguridad Limitada, SP-4: Esta expresión no es realmente un rango específico, pero si un nivel que representa el rango de daño después del sismo que tiene una variación del SP-3 a SP-5. Brinda la ubicación donde un reforzamiento puede que no cumpla con los requisitos estructurales que demanda el rango de seguridad de vida. Adiciona casos en el cual el nivel de seguridad de vida no es el adecuado o cuando solo se disminuyen deficiencias estructurales graves.

Estabilidad Estructural, SP-5: Este rango de daño en la estructura es donde todo el sistema estructural de la edificación está a un paso de sufrir el colapso. Se produjo daños en toda la estructura, que incluirían la pérdida de la rigidez y de resistencia a cargas laterales. Hay una alta probabilidad que se llegue a producir el colapso si son replicas consecutivas. Los daños en estructuras en antiguas tienden a ser irreparables de manera técnica y económica. Este nivel nos ayuda a verificar de manera específica si las estructuras pueden ser estables frente a sismos máximos.

No Considerado, SP-6: No es un nivel de desempeño, pero brinda la posición para ocasiones en las que se ejecuta una evaluación sísmica no estructural o de un reforzamiento.

Los niveles de desempeño para elementos no estructurales se les asignan una letra n, a la cual se le llama letra de desempeño no estructural y se abrevia con NP-n (Non structural Performance). Operacional, NP-A: Es el estado en donde el sistema y los elementos no estructurales se encuentran totalmente funcionales después del sismo.

Ocupación Inmediata, NP-B: Es el estado en donde el sistema y elementos no estructurales se encuentran en su sitio. Se pueden encontrar limitaciones en equipos y maquinarias respecto a su funcionamiento. Los servicios externos pueden que no se encuentren disponibles, a pesar de ello el estado de seguridad sísmica no se verá afectado.

Seguridad de vida, NP-C: Este estado presenta daños de consideración en los elementos no estructurales sin que se llegue al colapso o se ponga en peligro a los habitantes interna o al exterior de la edificación. Los equipos, maquinarias y el sistema no estructurales tal vez lleguen a verse afectados y requerirían de reparaciones o reemplazo.

Peligro Reducido, NP-D: Este estado incluye un daño crítico en los elementos y elementos no estructurales sin llegar al colapso o que los elementos de gran peso lleguen a caer y así causen daño considerable a las personas o parapetos, tabiques.

No Considerado, NP-E: No es un nivel de desempeño, otorga una selección para el caso en donde los elementos no estructurales no reciben inspección ni se evalúen a no ser que se dé un efecto directo en la respuesta estructural.

Los niveles de desempeño sísmico para estructuras son la mezcla del nivel de desempeño estructural y no estructural que da origen a un nivel que describe totalmente el estado de daño límite de la estructura y muestra el comportamiento general de la edificación.

Operacional, 1-A: Es el nivel de desempeño que se relaciona con la funcionalidad. Los daños en la estructura son básicos, debido a esto la ocupación sigue siendo segura, las reparaciones a darse son leves y se desarrollaran sin que se presenten interrupciones en los habitantes de la edificación. Casi de la misma manera los daños en los sistemas no estructurales y todo lo que está relacionado con la funcionalidad del edificio son básicos y no habrá peligro.

Ocupación inmediata, 1-B: Es el nivel de desempeño que corresponde a los criterios que se toman para edificaciones esenciales, donde se espera que los sistemas y lugares de las edificaciones estén utilizables aunque el contenido se encuentre dañado la seguridad de las personas se mantendrá.

Seguridad de Vida, 3-C: es el nivel que esta pronosticado para que logre un estado de daño nos representa posibilidades bajas de amenazas ante la seguridad de vida, así estén dados por los daños estructurales o fallas que se ocasionen en los elementos no estructurales. En este nivel se espera que la estructura cumpla con el desempeño según los códigos.

Estabilidad Estructural, 5-E: El límite de seguridad del sistema que resiste a cargas laterales se ubica en el límite y con la posibilidad de colapsar si las réplicas son altas, sin embargo, el sistema de las cargas verticales aun garantiza que el edificio se encuentre estable. No es necesario que se evalúen los daños no estructurales. No se afirma la seguridad de los habitantes y peatones, por lo que se requiere el pronto desalojo o que se llegue a demoler el edificio.

Según el ASCE/SEI 41-13 los niveles de desempeño de los edificios trata de las combinaciones de niveles de desempeño estructural y desempeño no estructural, en el Anexo 2, se aprecia los niveles de desempeño en edificaciones más comunes. Dentro de los niveles de desempeño estructural tenemos; Ocupación Inmediata S-1: se conoce como el nivel de daño después del sismo en donde la estructura se encuentra segura para su total ocupación y mantiene su rigidez, resistencia inicial.

Control de daño S-2: se conoce como un estado después de sismo que se encuentra entre la seguridad vida y ocupación inmediata.

Seguridad de Vida S-3: En este estado después del sismo ocasiona daños en la estructura pero mantiene el límite de seguridad ante un inicio de colapso parcial.

Seguridad Limitada S-4: es el estado después del sino que se ubica entre la seguridad de vida y la prevención del colapso.

Prevención del Colapso S-5: en este estado de daño después del sismo la estructura presenta elementos dañados y aun soporta cargas de gravedad, los límites de seguridad contra el colapso han desaparecido.

No Considerado S-6: La evaluación y rehabilitación no tienen en consideración a la estructura.

Los niveles de desempeño no estructural; Operacional N-A: Estado post-sismo donde los componentes no estructurales aportan su mismo funcionamiento que daban incluso antes del sismo.

Retención de Posición N-B: Estado post-sismo en el cual los componentes no estructurales pueden sufrir daños y no respondan de manera inmediata, pero mantiene su misma posición evitando los daños causados por las conexiones de servicio público que pueden ser por sus caídas, volteo o ruptura de estas.

Seguridad de Vida N-C: Estado post-sismo en el cual se dañan los componentes no estructurales pero no representa peligro para la seguridad de vida.

Peligros Reducidos N-D: Las evaluaciones o rehabilitaciones no toman en cuenta todos los componentes no estructurales en alguno de los anteriores niveles.

El desempeño de una edificación depende y cambia con la magnitud del sismo, la distancia del epicentro, dirección de la propagación de ruptura de la falla y características geológicas de la zona. Por lo tanto, es de necesidad diferenciar los eventos sísmicos que tienen un rango de severidad sísmica a fin de un desempeño deseado de la estructura (Auris, 2017, pag.23)

El Comité Visión 2000 propone a los movimientos sísmicos en un intervalo de frecuencia o de una probabilidad de excedencia en el cual el intervalo de frecuencia es un periodo promedio de tiempo que se expresa en años, que sucede en medio de la ocurrencia del sismo que origina daños de severidad igual o superior a una determinada, la probabilidad de excedencia que es

referida a una representación estadística de la posibilidad de que el resultado del sismo sobrepase una cierta severidad por un periodo de tiempo definido dado en años, ver la Tabla 37.

Así también el ATC-40 presenta tres tipos de niveles de amenaza que dependen a movimientos sísmicos los cuales son: Sismo de servicio (SS), este nivel corresponde a movimientos de baja a una moderada intensidad con una ocurrencia frecuente, principalmente están asociados con un 50% de probabilidad que pueda ser excedido durante un periodo de 50 años, en un periodo medio de retorno alrededor de 72 años, de forma que se espera que llegue a ocurrir muchas veces en la vida útil de las edificaciones. Sismo de diseño (SD), este nivel corresponde a movimientos entre una intensidad moderada a severa con una ocurrencia poco frecuente principalmente asociados con un 10% de probabilidad que puede ser excedido durante un periodo de 50 años, en un periodo medio de retorno alrededor de 475 años. Sismo máximo (SM), este nivel corresponde a movimientos entre una intensidad de sismos severos a muy severos, con una ocurrencia muy rara principalmente asociados con un 5% de probabilidad que puede ser excedido durante un periodo de 50 años, en un periodo de retorno alrededor de 975 años.

Los objetivos de desempeño están basados en el tipo de comportamiento esperado de la estructura, teniendo en cuenta también sus elementos no estructurales. Especifica el comportamiento sísmico deseado de la estructura y se define mediante el máximo estado de daño permitido (Nivel de Desempeño) y con una demanda Sísmica identificada (movimiento sísmico).

Los objetivos de desempeño deben elegirse para cada tipo de edificación para diferentes niveles de demanda sísmica, teniendo en consideraciones factores como: su ocupación, el tipo de uso y funciones que se ha destinado, consideraciones económicas, incluyendo el costo de reparación y costo de interrupción de sus actividades y su tipo de importancia de la edificación.

Para aquellas edificaciones con objetivos de desempeño que esperan como daños relativamente bajos para demandas sísmicas frecuentes resulta ser



más costoso para su reparación y su adecuación a comparación con objetivos más considerables con su control de daños deseado.

El comité visión 2000 propone que los objetivos esperados por el diseño sísmico basado en desempeño se basan en función del desempeño estructural que debe mostrar todo tipo de edificación por los distintos sismos de diseño, el desempeño que se espera se encuentra relacionado con la importancia de la edificación ante la sociedad. El comité visión 2000 presenta objetivos de desempeño para tres clases de edificaciones ver las Tablas. El objetivo seguridad crítica, considera que son para edificaciones que tienen porciones de materiales de alto riesgo puede ser una planta de procesamiento nuclear. El objetivo esencial riesgoso, considera a edificaciones como estaciones policiales, centrales de emergencia, hospitales, centros de comunicación. El objetivo básico considera a todas las edificaciones comunes (Escarrachi, 2010, p. 22).

Para el ATC-40, la decisión en cuanto al nivel de desempeño que se espera en una edificación está sujeta a consideraciones funcionales, económica, políticas y preservación. Hay gran variedad de combinaciones que atienden a características como su uso, función e importancia de las edificaciones como muestra en el Anexo 2. La propuesta del ATC-40 para los objetivos de desempeño de una estructura consta de combinar los niveles de desempeño con los movimientos sísmicos. (Fuentes, 2018, pág. 80).

La filosofía de diseño estructural según la norma técnica peruana de sismorresistencia E.030 nos fija tres parámetros correlación entre sí: que se evite las pérdidas de vidas humanas, que se mantenga la continuidad en todo momento de los servicios básicos y la reducción de los daños en la edificación. Complementario a esto, se espera que todas las edificaciones tengan un comportamiento ante los sismos teniendo en cuenta que la estructura no debe llegar al colapso ni afectar con daños graves a las personas así presente daños considerables a causa de los movimientos sísmicos que se les considera severos para la ubicación del proyecto. La estructura debe ser capaz de aguantar los movimientos del suelo considerados como moderados, siendo capaz de experimentar daños que sean reparables dentro de los rangos aceptables. Para las edificaciones de

tipo esenciales se tiene que tener criterios especiales que se centren en lograr las condiciones operativas después de un sismo severo. Para que se lleguen a lograr estos principios en las estructuras se tienen que considerar las siguientes características: La simetría de la estructura como (en su masa, rigidez en planta y elevación), resistencia lateral y vertical, peso mínimo, deformación lateral limitada, continuidad estructural, redundancia estructural, ductilidad, la verificación de la alta calidad de los materiales y un correcto proceso constructivo.

En los métodos para el diseño contamos con el método que se basa en la fuerza y el otro en el desplazamiento. El método de diseño que se basa en la fuerza emplea un espectro elástico de aceleraciones que se encarga de hallar la carga lateral la cual la estructura tiene que resistir si este se mantiene en el rango elástico. Este método se argumenta con el concepto de los desplazamientos iguales dentro del rango elástico e inelástico. Con la división de la sollicitación máxima elástica ( $V_{\text{diseño}}$ ) entre un coeficiente de reducción de fuerzas ( $R$ ) que demuestra la sobrerresistencia y la ductilidad de todo el sistema de resistencia sísmica cuando llega al rango inelástico. Los sistemas que estén diseñados a base de este método deben tener la resistencia requerida para que soporte un sismo de colapso así como también la rigidez necesaria para que logre un control de las derivas y una ductilidad mínima para que asegure un buen comportamiento de deformación inelástica sin llegar al colapso.

En el diseño que se basa en el desplazamiento hay varios métodos pero en el denominado método directo de desplazamientos que fue propuesto por Priestley, Calvi y Kowalsky propone indicar un desplazamiento máximo de diseño que se tendrá como el desplazamiento objetivo para el diseño. Este método desde el comienzo fija desplazamientos objetivos para que se pueda llevar un control de los daños en la estructura con una intensidad de sismo requerida, por consiguiente, este método se le considera como el más adecuado para el diseño por desempeño sísmico.

### **III. METODOLOGIA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

###### **3.1.1.1. Según el enfoque**

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo porque en el transcurso de la investigación se manejarán variables que permitan tomar mediciones numéricas que serán transmitidas para el desarrollo de la investigación.

###### **3.1.1.2. Según el Nivel**

La investigación según su nivel es de tipo descriptivo porque los resultados obtenidos se darán presentar en gráficos y cuadros estadísticos.

###### **3.1.1.3. Según Finalidad**

La finalidad de la investigación es de tipo básica aplicada porque dar una posible solución a la problemática que se tiene en esta investigación, la cual principalmente es determinar el desempeño de la estructura.

###### **3.1.1.4. Según temporalidad**

La investigación según su temporalidad es de tipo transversal porque los datos obtenidos de ensayos y estudios se recolectarán en un solo momento y tiene como finalidad describir las variables y analizar su influencia solo en un momento.

##### **3.1.2. Diseño de Investigación**

Este proyecto de investigación tiene un diseño de tipo transversal descriptivo porque se indagará la incidencia de los valores en que se manifiesten una o más variables y proporcionaran una visión sobre la situación.

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **3.2.1. Variable Dependiente**

- Análisis estático no Lineal

#### **3.2.2. Variable Independiente**

- Desempeño sísmico

**Tabla 1:** Operacionalización de Variables (ver Anexo 1)

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **3.3.1. Población**

La población estaría conformada por los 9 módulos de las cuales 5 módulos (I, III, IV y V) son de 3 pisos que pertenecen al nivel primario y secundario, 1 módulo (VI) es de un solo piso y los 3 últimos módulos de un nivel que pertenecen al nivel inicial.

#### **3.3.2. Muestra**

Como muestra se escogió los módulos V y VI de la I.E Hermanos Blanco.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.**

#### **3.4.1. Técnicas de Investigación**

Para esta investigación se aplicará dos técnicas, la observación directa e indirecta y el análisis documental correspondiente a una investigación cuantitativa. La observación directa basada en realizarse por medio de los sentidos en este caso lo visual en el cual los observadores interactuaremos directamente en un periodo de tiempo y la observación indirecta porque se hará uso de un equipo mecánico (esclerómetro) el cual será manejado por personal capacitado. El análisis documental se recolectará mediante la

revisión del expediente técnico con el fin de obtener información del diseño, construcción de la estructura a analizar.

#### **3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

En esta investigación se está aplicando como instrumento de investigación una ficha de registro el cual nos permite registrar datos significativos de las fuentes a consultar como por ejemplo registros generales de libros, enciclopedias, tesis lo que corresponde a fichas bibliográficas, también de fichas hemerográficas que son exclusivas de periódicos, revistas, artículos, folletos y por último fichas de referencia electrónica en donde hay páginas de acceso gratuito y acceso restringido.

#### **3.4.3. Validez y Confiabilidad**

Este proyecto de investigación se desarrollará mediante el ingreso de datos al software ETABS el cual ayudará a ejecutar un adecuado modelado computacional para que más adelante pueda analizar la los módulos V y VI de la I.E. Hermanos Blanco.

Es importante mencionar que todos los procedimientos de ingreso de datos al software serán íntegramente elaborados por los autores para el provecho de este proyecto de investigación, la técnica que da validez fue a juicio de expertos, ya que nuestro asesor experto en la rama de ingeniería estructural brinda las observaciones y recomendaciones que se necesitan para poder proceder y comenzar a darle inicio.

### **3.5 Procedimiento**

La recolección de datos se divido en dos etapas, en la primera etapa se buscó conseguir el expediente técnico de la construcción de la I.E hermanos Blanco por la se pido el permiso de acceso a la información al Gobierno regional de La Libertad en donde pudimos obtener los planos de estructuras, estudios de suelos y alguna otra información adicional que sea necesaria-

La segunda etapa consistió en realizar una visita técnica a la I.E. hermanos Blanco en donde hicimos el levantamiento estructural, mediciones y observaciones necesarias para corroborar con lo indicado en los planos para luego con esta información procedamos a realizar el modelamiento estructural en el software Etabs.

### **3.6. Método de Análisis de Datos**

El procesamiento se llevará a cabo, insertando todos los datos obtenidos tanto de campo, ensayos, estudios, planos al software ETABS 2017, el cual nos permitirá hacer el modelado, análisis lineal y no lineal de la estructura indicada para esta investigación, que también nos proporciona cuadros y gráficos de resultados estructurales. Todas estas serán plasmadas en tablas, figuras, diagramas que podrán ayudarnos a representarlo de un modo más eficiente para la fácil comprensión.

### **3.7 Aspectos Éticos**

Esta investigación directamente basada en varios aspectos éticos, la cual hace que se tenga una buena unión entre los investigadores, la sociedad y por el lugar de donde se basa la investigación, lo que conlleva a que se genere buenos resultados siempre teniendo en cuenta la responsabilidad social y la honestidad.

#### **3.7.1 La Responsabilidad Social**

El presente proyecto de investigación busca generar a todos los apasionados a la ingeniería estructural y sismorresistente a meterse más a fondo en la parte inelástica de la estructura que es en donde realmente se puede determinar las posibles fallas que pueda tener esta debido a diferentes escalas de sismo y así poder proponer mejores diseños que eviten colapsos y sobre todo la seguridad de las personas.

### **3.7.2 Honestidad**

Todos los resultados que se obtengan de la investigación serán totalmente veraces realizadas íntegramente por los autores de esta manera demostrando credibilidad y honestidad.

#### IV. RESULTADOS

La I.E. Hermanos Blanco, consta de los módulos “I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX”, que para el proyecto de investigación se trabajó los módulos V de tres pisos y VI de un piso.

El módulo V está compuesta en el sentido X por un sistema estructural dual y en el sentido Y por pórticos, el módulo VI tiene un sistema estructural conformada por pórticos los cuales serán sometidos al análisis estático no lineal y encontrar su desempeño sismorresistente.

La I.E. Hermanos Blanco, está ubicada en la urb. Primavera distrito de Trujillo, provincia de Trujillo departamento de La Libertad.



Figura 1: Ubicación de la Institución Educativa Hermanos Blanco

Fuente: Google Maps



#### 4.1 Características Arquitectónicas

Se muestra a continuación las 3 plantas del módulo V y la planta del módulo VI.

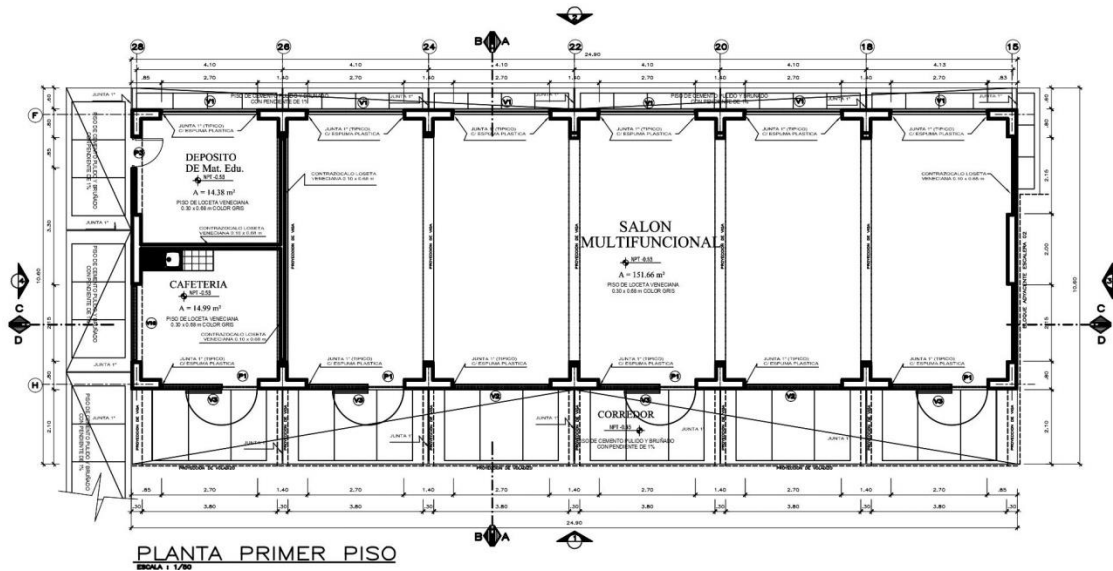


Figura 2: Planta del Primer Piso del Módulo V

Fuente: AutoCAD 2019

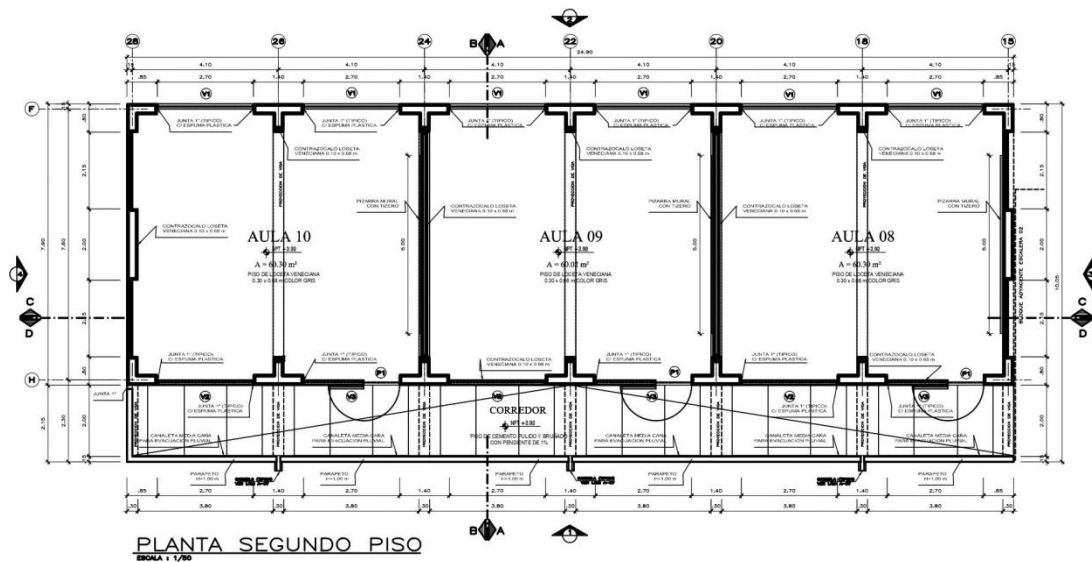


Figura 3: Planta del Segundo Piso del Módulo V

FUENTE: AutoCAD 2019

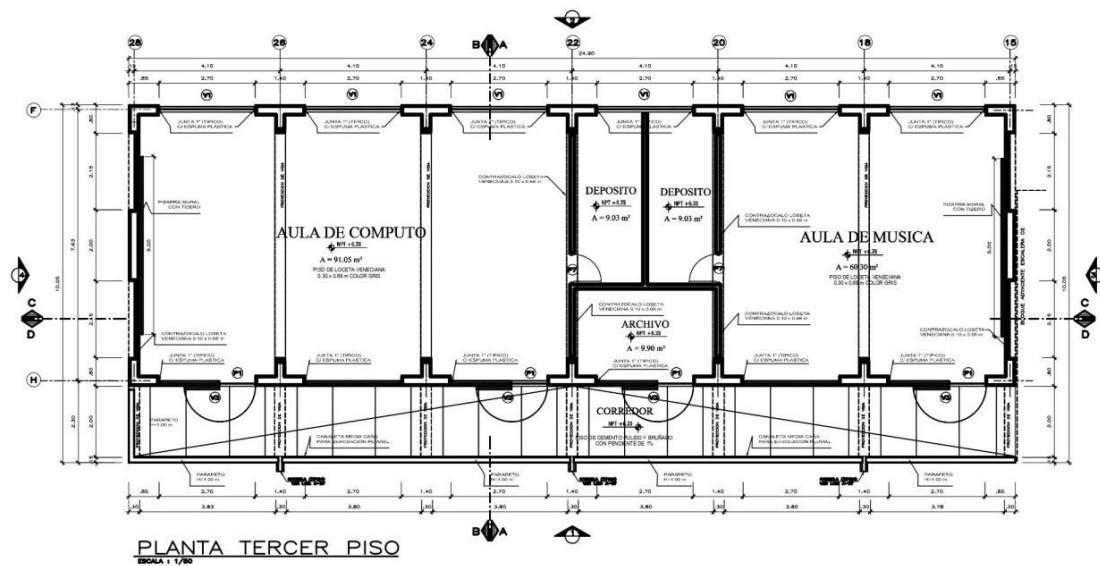


Figura 4: Planta del Tercer Piso del Módulo V

Fuente: AutoCAD 2019

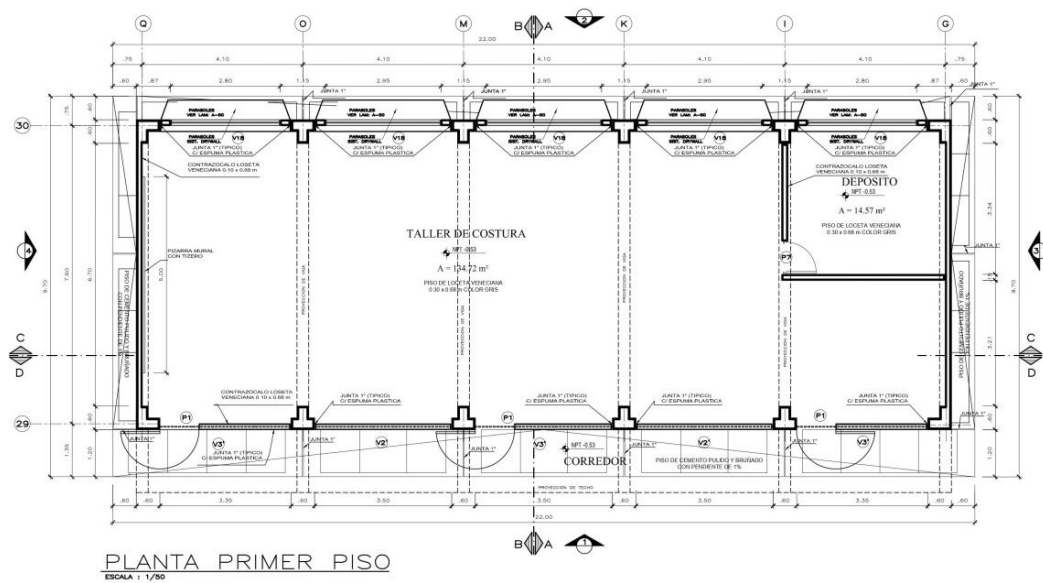


Figura 5: Planta del Módulo VI

Fuente: AutoCAD 2019

## 4.2. Proceso del Análisis Sísmico

Para el proceso de modelamiento de ambos módulos a analizar se utilizaron los planos (ver Anexo 5) y se verificó las dimensiones de los elementos estructurales y área in situ por los autores.

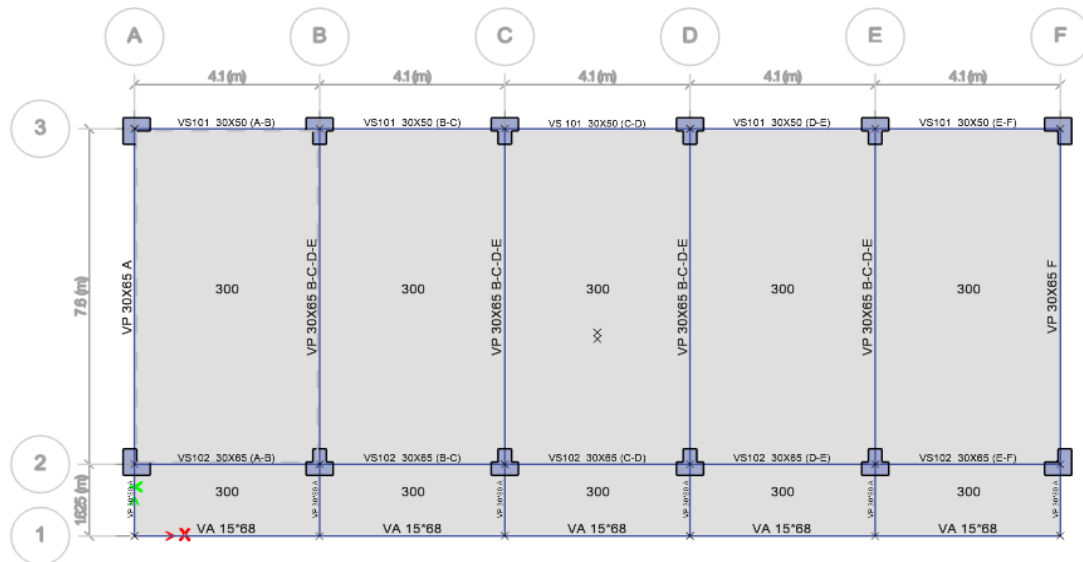


Figura 6: Planta del Modelado en el Software Etabs del Módulo VI

Fuente: ETABS 2018

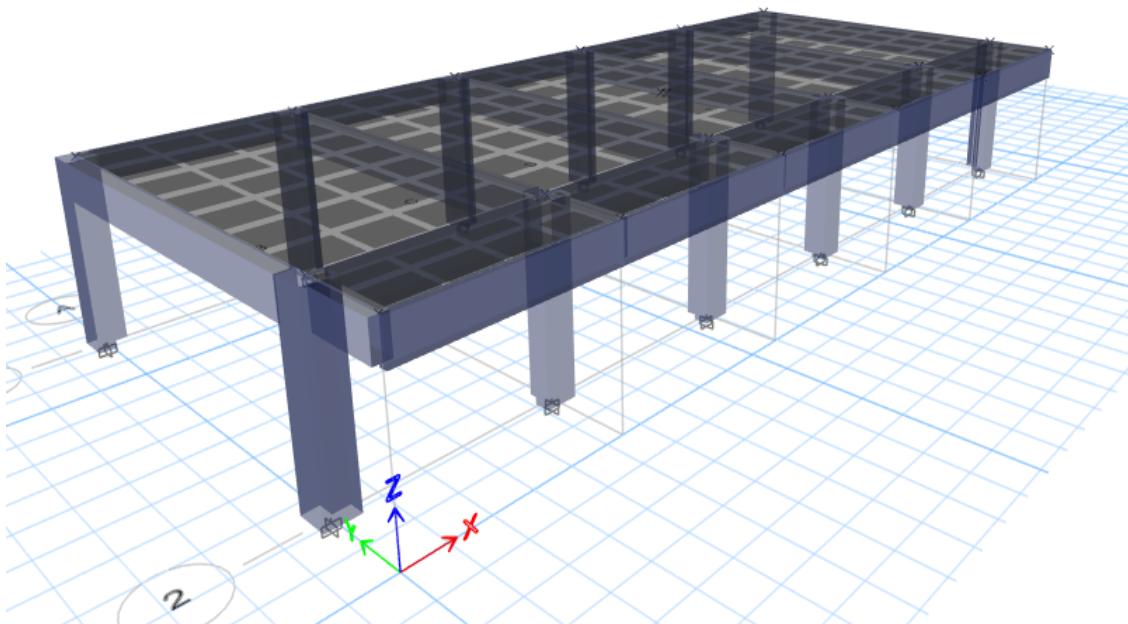


Figura 7: Vista Tridimensional en el Software Etabs del Módulo VI

Fuente: ETABS 2018

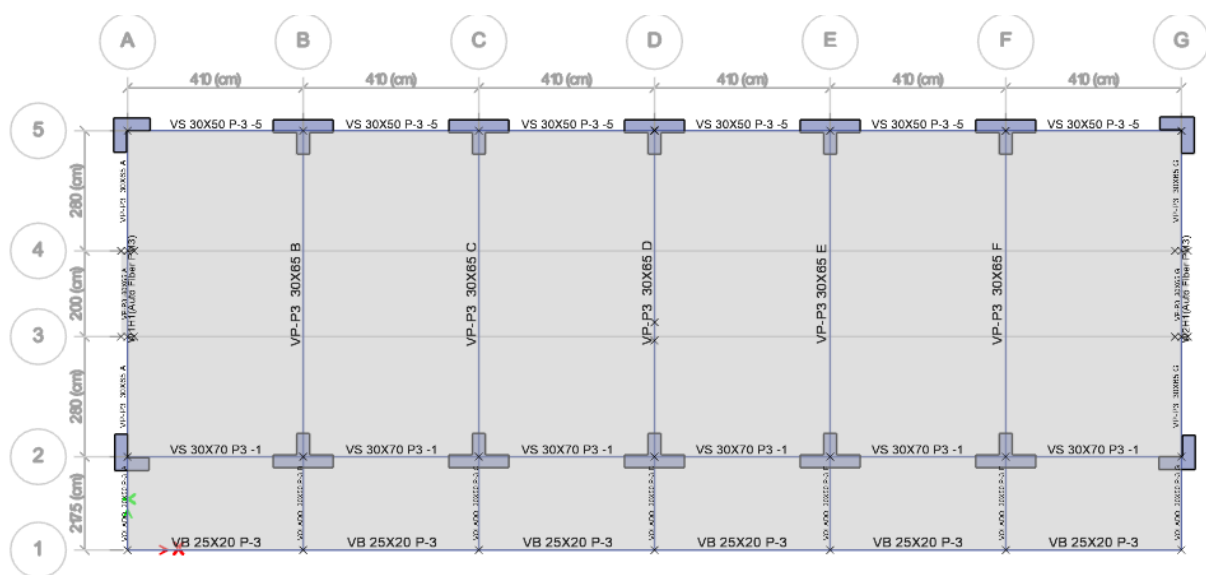


Figura 8: Planta del Modelado en el Software Etabs del Módulo V

Fuente: ETABS 2018

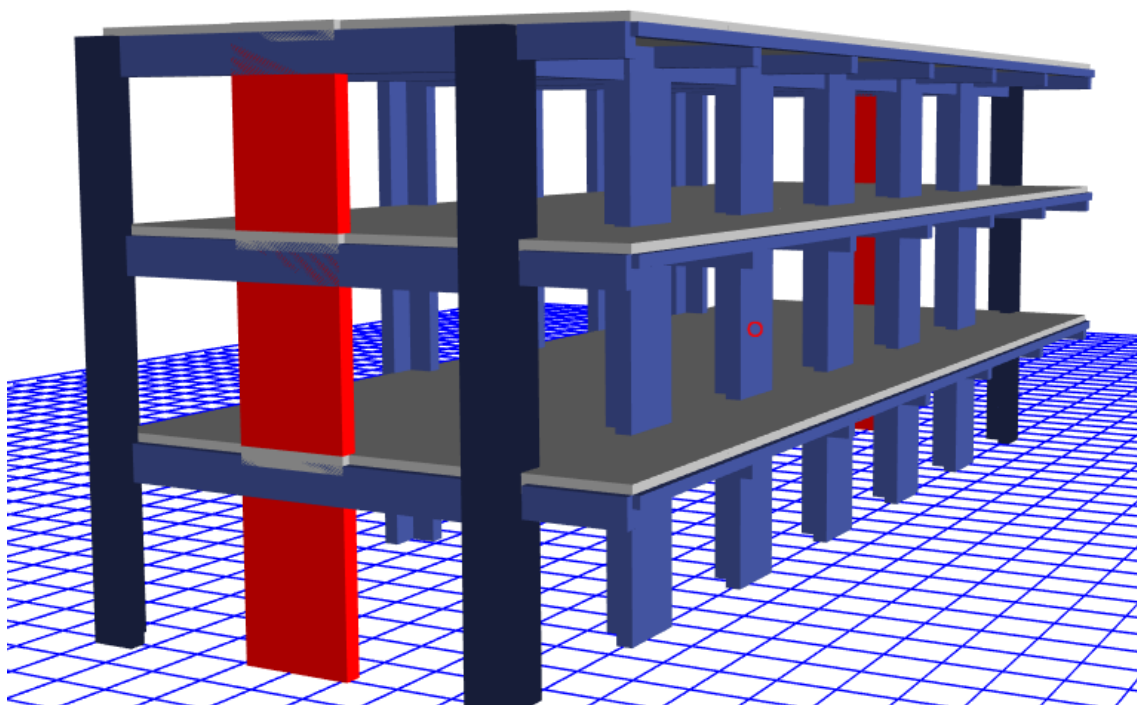


Figura 9: Vista Tridimensional en el Software del Módulo V

Fuente: ETABS 2018

#### 4.2.1. Características de los materiales

##### Acero de refuerzo:

-Corrugado, grado 60

-Esfuerzo de fluencia ( $f_y$ )= 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad ( $E_s$ )= 2038,902 kg/ cm<sup>2</sup>

The image shows a software dialog box for defining material properties. It is organized into several sections:

- General Data:** Includes fields for Material Name (set to  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ), Material Type (set to Rebar), Directional Symmetry Type (set to Uniaxial), Material Display Color (a blue square with a 'Change...' button), and Material Notes (with a 'Modify/Show Notes...' button).
- Material Weight and Mass:** Features two radio buttons: 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. Below are input fields for Weight per Unit Volume (0.000008 tonf/cm<sup>3</sup>) and Mass per Unit Volume (8.005E-09 tonf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>).
- Mechanical Property Data:** Includes Modulus of Elasticity, E (2038.902 tonf/cm<sup>2</sup>) and Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000117 1/C).
- Design Property Data:** Contains a single button: 'Modify/Show Material Property Design Data...'.
- Advanced Material Property Data:** Contains three buttons: 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'.

At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 10: Propiedades del Acero de los Módulos V y VI

Fuente: ETABS 2018

### Concreto:

Resistencia nominal a la compresión ( $f'_c$ ) = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad ( $E_c$ )= 2509980.1 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de poisson: 0.2

**General Data**

Material Name: Fc= 210kg/cm<sup>2</sup>

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.000002 tonf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0 tonf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 250.998 tonf/cm<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 104.583 tonf/cm<sup>2</sup>

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 11: Propiedades del Concreto de los Módulos V y VI

Fuente: ETABS 2018

#### 4.2.2 Cargas Consideradas

Se utilizó la norma E-020 para las consideraciones de carga

##### DEAD

Peso propio de losa = 0.3 Ton/m<sup>2</sup>

Acabados = 0.10 Ton/m<sup>2</sup>

##### LIVE

S/C AULAS = 0.25 Ton/m<sup>2</sup>

S/C VOLADOS = 0.40 Ton/m<sup>2</sup>

S/C DEPOSITO = 0.50 Ton/m<sup>2</sup>

S/C AZOTEA = 0.10 Ton/m<sup>2</sup>

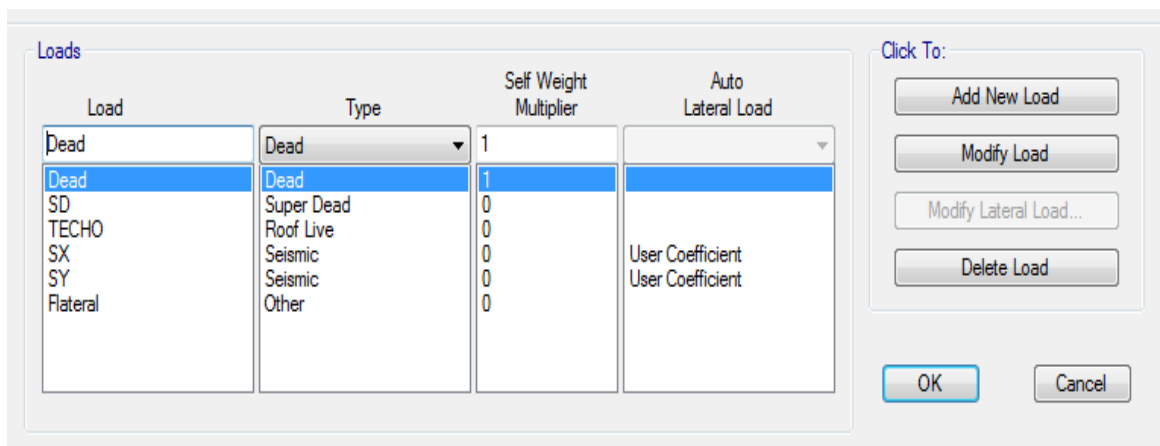


Figura 12: Casos de Carga del Módulo VI

Fuente: ETABS 2018

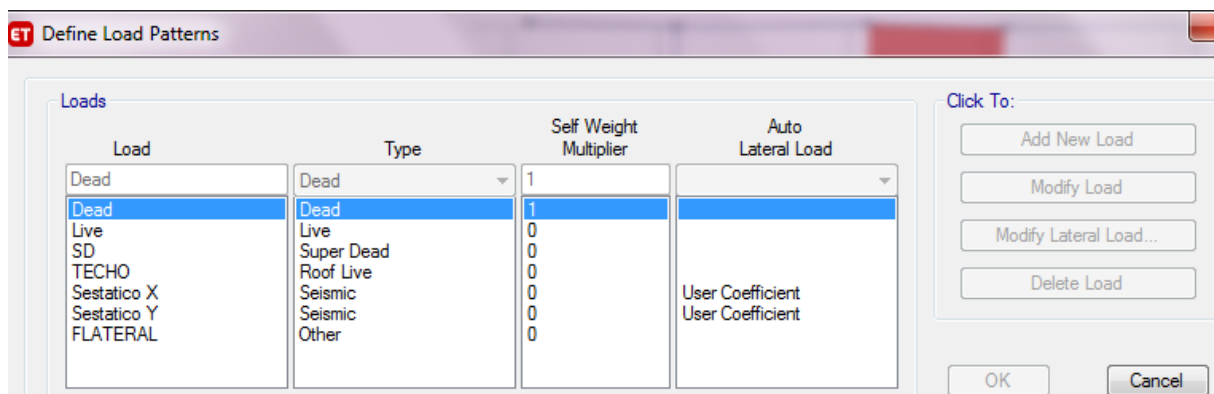


Figura 13: Casos de Carga del Módulo V

Fuente: ETABS 2018

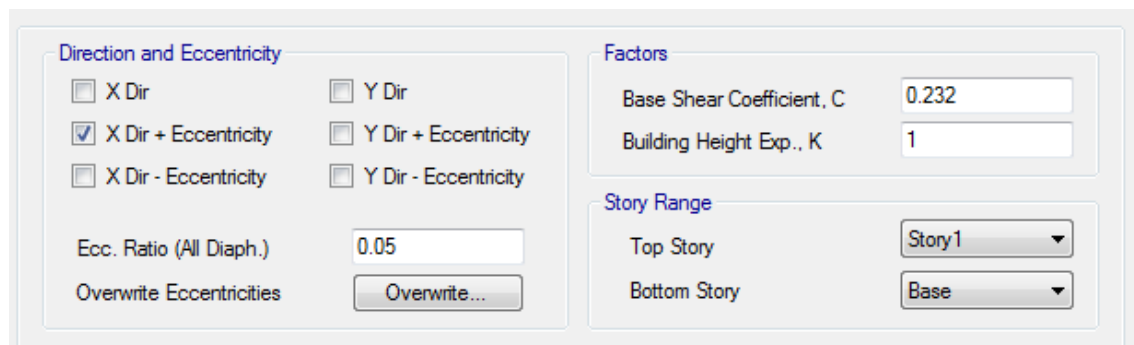


Figura 14: Dirección en X del Análisis de los Módulos V y VI

Fuente: ETABS 2018

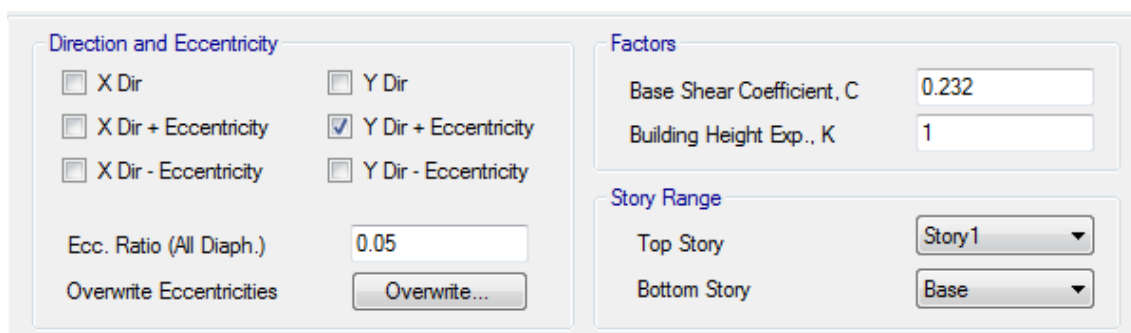


Figura 15: Dirección en Y del Análisis de los Módulos V y VI

Fuente: ETABS 2018



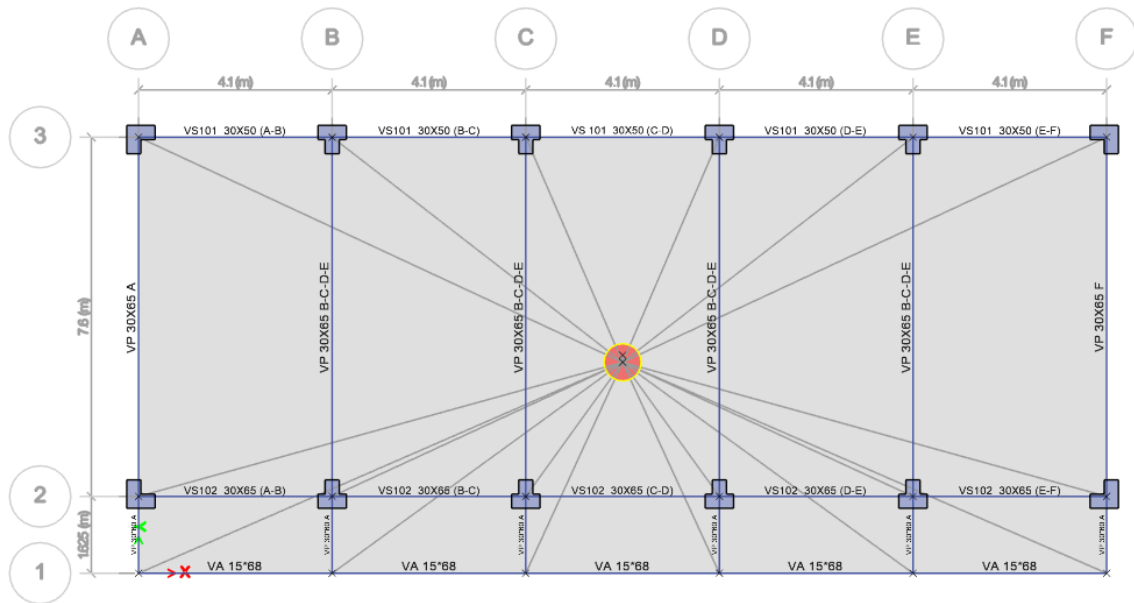


Figura 16: Asignación de Diafragma Rígido al Módulo VI

Fuente: ETABS 2018

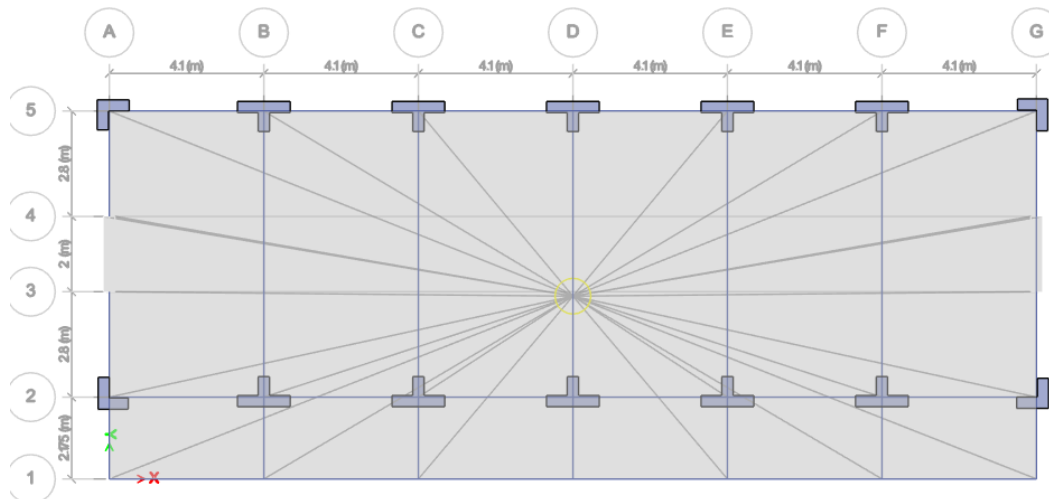


Figura 17: Asignación de Diafragma Rígido al Módulo V

Fuente: ETABS 2018

#### 4.2.3 Parámetros Sismorresistentes

Se utilizó la norma E-030 para el uso de los parámetros sísmicos.

**ZONIFICACION:** Los módulos se ubican en la zona 4 (Trujillo) por lo tanto el factor correspondiente es  $Z= 0.45$

**Tabla 2:** Factores de Zona

<b>FACTORES DE ZONA “Z”</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E.030

**CONDICIONES GEOTECNICAS:** En base al estudio de suelos se le clasifica como un suelo tipo S3 (Suelos blandos), en relación con la zona le corresponde un factor de suelo  $S = 1.10$  y un periodo de vibración  $T_p = 1.0$  y  $T_I = 1.6$  seg.

**Tabla 3:** Factor del Tipo de Suelo

<b>FACTOR DE SUELO “S”</b>				
<b>ZONA / SUELO</b>	<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>Z4</b>	0.80	1.00	1.05	1.10
<b>Z3</b>	0.80	1.00	1.15	1.20
<b>Z2</b>	0.80	1.00	1.20	1.40
<b>Z1</b>	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma E.030

**Tabla 4:** Periodo TP y TL

PERIODOS “TP” Y “TL”				
Período / suelo	Perfil de Suelo			
	S0	S1	S2	S3
TP	0.3	0.4	0.6	1.0
TL	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma E.030

**CATEGORIA DE EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO:** Las instituciones educativas tienen una clasificación de categoría A como edificaciones esenciales y le corresponde un valor de factor de uso  $U = 1.5$ .

**Tabla 5:** Categoría y Factor U

Tabla Nº 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A. Edificaciones Esenciales	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:	Ver nota 1
	Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	1.5

Fuente: Norma E.030

**COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS:** El módulo V en estudio presenta en la dirección X un sistema estructural compuesto por pórticos y en la dirección Y un sistema dual. El módulo VI esta estructura con un sistema estructural de pórticos en ambas direcciones.

**Tabla 6:** Sistemas Estructurales

<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coefficiente Básico de Reducción <math>R_0(^*)</math></b>
Acero:	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	5
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	4
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	7
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	4
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Norma E.030

**Tabla 7:** Límites para la Distorsión del Entrepiso

<b>MATERIAL PREDONMINANTE</b>	<b><math>(\Delta i / h_{ei})</math></b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010

Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada.	0.005
--	-------

Fuente: Norma E.030

#### 4.2.4. Derivas del Análisis Estático Lineal

##### MÓDULO “VI”

**Tabla 8:** Derivas Estático Lineales en la Dirección X del Módulo VI

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 *Rx	DERIVA Y * 0.75 *Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	0.00040		0.0024		CUMPLE
PISO1		0.00001		0.00006	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9:** Derivas Estático Lineales en la Dirección Y del Módulo VI

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 *Rx	DERIVA Y * 0.75 *Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	0.000007		0.00004		CUMPLE
PISO1		0.00043		0.00258	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

##### MÓDULO “V”

**Tabla 10:** Derivas Estático Lineales en la Dirección X del Módulo V

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 *Rx	DERIVA Y * 0.75 *Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	0.000202		0.001212		CUMPLE
PISO1		0.000005		0.00002625	CUMPLE
PISO 2	0.000312		0.001872		CUMPLE
PISO 2		0.000005		0.00002625	CUMPLE
PISO 3	0.000219		0.001314		CUMPLE
PISO 3		0.000005		0.00002625	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11:** Derivas Estático Lineales en la Dirección Y del Módulo V

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 * Rx	DERIVA Y * 0.75 * Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	0.000005		0.00003		CUMPLE
PISO1		0.000224		0.0012	CUMPLE
PISO 2	0.000013		0.000078		CUMPLE
PISO 2		0.000363		0.0019	CUMPLE
PISO 3	0.000009		0.000054		CUMPLE
PISO 3		0.000284		0.0015	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5 Periodos y Frecuencias del Análisis Dinámico Lineal

Se obtuvo los siguientes periodos y frecuencias que se muestra en la tabla a continuación.

**Tabla 12:** Periodos y Frecuencias del Módulo V

PERIODOS Y FRECUENCIAS		
Modos	Periodos(S)	Frecuencias (Ciclos/s)
1	0.16	6.08
2	0.16	6.26
3	0.12	8.55
4	0.05	19.79
5	0.05	21.89
6	0.05	21.99
7	0.04	22.81
8	0.04	23.62
9	0.04	25.84

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13:** Periodos y Frecuencias del Módulo VI

PERIODOS Y FRECUENCIAS		
Modos	Periodos(S)	Frecuencias (Ciclos/s)
1	0.11	8.96
2	0.11	9.43
3	0.10	10.41

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2.6. Espectros de Respuesta del Análisis Dinámico Lineal

### MÓDULO “VI”

**Tabla 14:** Datos del Espectro de Respuesta  
del Módulo VI

Periodos (S)	Aceleración Espectral (Sa)
0.00	0.2320
0.10	0.2320
0.20	0.2320
0.30	0.2320
0.40	0.2320
0.50	0.2320
0.60	0.2320
1.00	0.2320
1.20	0.1934
1.40	0.1657
1.60	0.1450
1.80	0.1146
2.00	0.0928
2.20	0.0767
2.40	0.0645
2.60	0.0549
2.80	0.0474
3.00	0.0413
3.20	0.0363
3.40	0.0321
3.60	0.0286
3.80	0.0257
4.00	0.0232
4.00	0.0232
4.25	0.0206
4.50	0.0183

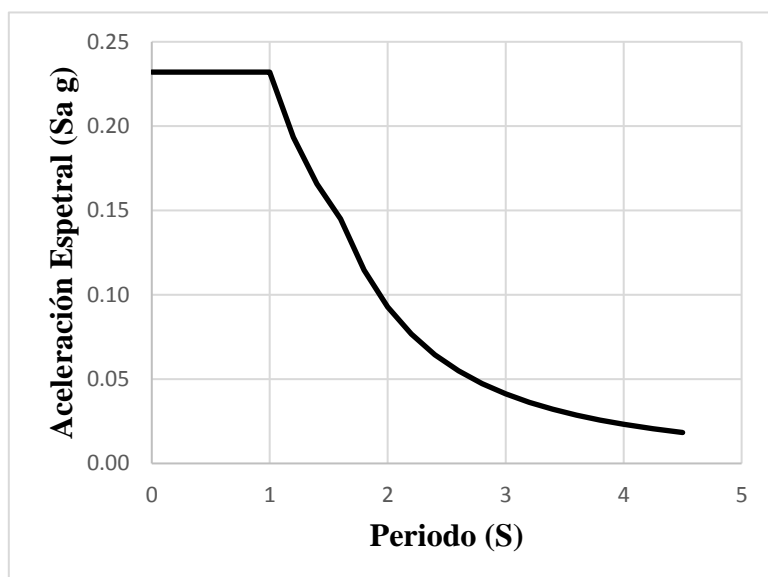


Figura 18: Espectro de Respuesta en X y Y del  
Módulo VI

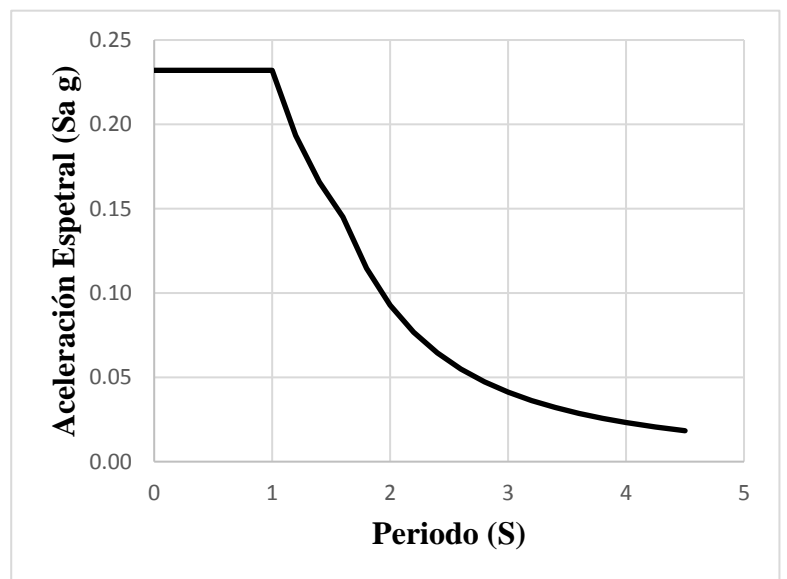
Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

## MÓDULO “V”

**Tabla 15:** Datos del Espectro de  
Respuesta del Módulo V en Dirección X

Periodos (S)	Aceleración Espectral (Sa)
0.00	0.2320
0.10	0.2320
0.20	0.2320
0.30	0.2320
0.40	0.2320
0.50	0.2320
0.60	0.2320
1.00	0.2320
1.20	0.1934
1.40	0.1657
1.60	0.1450
1.80	0.1146
2.00	0.0928
2.20	0.0767
2.40	0.0645
2.60	0.0549
2.80	0.0474
3.00	0.0413
3.20	0.0363
3.40	0.0321
3.60	0.0286
3.80	0.0257
4.00	0.0232
4.00	0.0232
4.25	0.0206
4.50	0.0183



**Figura 19:** Espectro de Respuesta en Dirección  
X del Mod. V

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 16:** Datos del Espectro de  
Respuesta del Módulo V en Dirección Y

<b>Periodos (S)</b>	<b>Aceleración Espectral (Sa)</b>
0.00	0.2652
0.10	0.2652
0.20	0.2652
0.30	0.2652
0.40	0.2652
0.50	0.2652
0.60	0.2652
1.00	0.2652
1.20	0.2210
1.40	0.1894
1.60	0.1657
1.80	0.1310
2.00	0.1061
2.20	0.0877
2.40	0.0737
2.60	0.0628
2.80	0.0541
3.00	0.0471
3.20	0.0414
3.40	0.0367
3.60	0.0327
3.80	0.0294
4.00	0.0265
4.00	0.0265
4.25	0.0235
4.50	0.0210

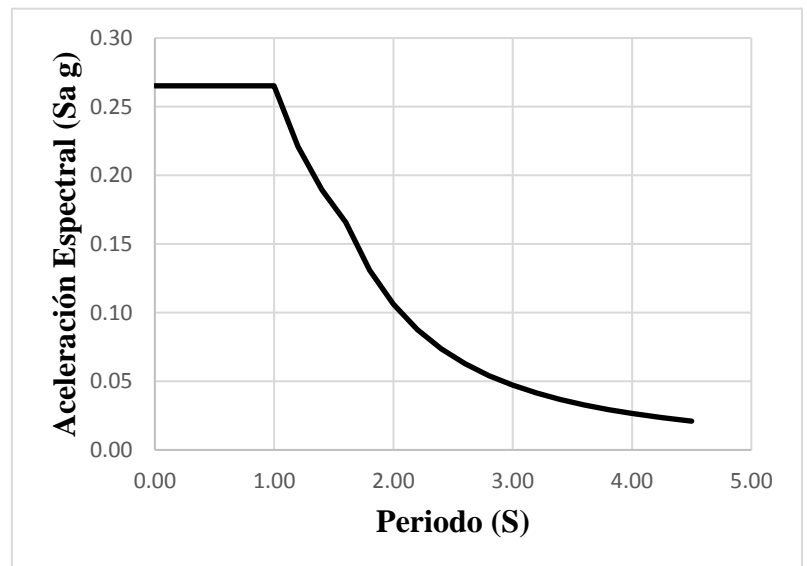


Figura 20: Espectro de Respuesta en Dirección Y  
del Módulo. V

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17:** Masas Participativas del Módulo VI

<b>Modos</b>	<b>%Masa Participativa (Acum.)X-X</b>	<b>%Masa Participativa (Acum.)Y-Y</b>
<b>1</b>	0.0000	0.9996
<b>2</b>	0.8497	0.0000
<b>3</b>	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18:** Masas Participativas del Módulo V

<b>MODOS</b>	<b>%Masa Participativa (Acum.)X-X</b>	<b>%Masa Participativa (Acum.) Y-Y</b>
1	0.82	0.00
2	0.00	0.81
3	0.00	0.00
4	0.92	0.00
5	0.00	0.81
6	0.00	0.00
7	0.93	0.00
8	0.00	0.94
9	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.7 Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal

##### MÓDULO “V”

**Tabla 19:** Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo V

<b>PISO</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Desplazamiento en X (cm)</b>	<b>Desplazamiento en Y (cm)</b>
TERCER PISO	10	0.2117	0.0178
SEGUNDO PISO	6.8	0.1518	0.014
PRIMER PISO	3.4	0.0594	0.0057
BASE	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20:** Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección Y del Módulo V

PISO	Altura (m)	Desplazamiento en X (cm)	Desplazamiento en Y (cm)
TERCER PISO	10	0.0005	0.2945
SEGUNDO PISO	6.8	0.0003	0.1551
PRIMER PISO	3.4	0.0002	0.0588
BASE	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

### MODULO "VI"

**Tabla 21:** Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo VI

PISO	Altura (m)	Sentido X (cm)	Sentido Y (cm)
PISO 1	3.35	0.0678	0.0306
BASE	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22:** Desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal en Dirección Y del Módulo VI

PISO	Altura (m)	Sentido X(cm)	Sentido Y(cm)
Piso 1	3.35	1.909E-12	0.0718
Base	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

## 4.2.8 Derivas del Análisis Dinámico Lineal

### MODULO "V"

**Tabla 23:** Derivas del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo V

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 *Rx	DERIVA Y * 0.75 *Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	0.000372		0.00223		CUMPLE
PISO1		0.00021		0.00110	CUMPLE
PISO 2	0.000360		0.00216		CUMPLE
PISO2		0.000024		0.000126	CUMPLE
PISO3	0.000351		0.00210		CUMPLE
PISO 3		0.000012		0.000063	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24:** Derivas del Análisis Dinámico Lineal en Dirección Y del Módulo V

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 *Rx	DERIVA Y * 0.75 *Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	4.046E-07		2.4276E-06		CUMPLE
PISO1		0.000445		0.00233	CUMPLE
PISO 2	0.000001		0.000006		CUMPLE
PISO2		0.000426		0.00223	CUMPLE
PISO3	0.000001		0.000006		CUMPLE
PISO 3		0.000416		0.00218	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

### MODULO “VI”

**Tabla 25:** Derivas del Análisis Dinámico Lineal en Dirección X del Módulo VI

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 *Rx	DERIVA Y * 0.75 *Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	0.000564		0.00338		CUMPLE
PISO1		0.000091		0.0005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 26:** Derivas del Análisis Dinámico en Dirección Y del Módulo VI

STORY	DERIVA EN X	DERIVA EN Y	DERIVA X * 0.75 *Rx	DERIVA Y * 0.75 *Ry	MENOR A 0.007
PISO 1	0		0		
PISO1		0.000582		0.00349	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3 Estructuración para el Análisis Estático no Lineal

El módulo “VI” está formado por un sistema estructural de pórticos y el módulo V un sistema dual. Ambos módulos cuentan con columnas esquinadas de sección L, columnas excéntricas de sección T en ambos módulos y dos placas en el sentido Y con un área de  $0.3 \times 2m^2$  en el módulo “V” todos estos elementos mantienen la continuidad vertical de esta manera cumple con el requerimiento de irregularidad por altura. Cuenta con vigas no portantes y portantes peraltadas, con viguetas orientadas en el sentido X, el espesor de la losa aligerada es de 20 cm en ambos módulos, así como también el módulo “VI” tiene un bolado de

1.625m a su eje y el modulo “V” con un bolado de 2.175m a su eje en el primer, segundo y tercer piso (ver Anexo 3).

#### 4.4 Rótulas Plásticas de los Módulos

El software Etabs gráfica la formación de rótulas plásticas para poder evaluar el comportamiento de los elementos estructurales, así como de la estructura en general.

##### 4.4.1 Rótulas Plásticas en el Módulo VI

Las primeras rotulas plásticas se están generando en el paso 6 del análisis con un desplazamiento de 1.0887 cm. En este paso se forman 7 rótulas en columnas: 5 rotulas en el eje 3 y 2 rótulas en el eje 2. Estas se encuentran el rango de Inmediata Ocupación – Seguridad de Vida (IO – LS).

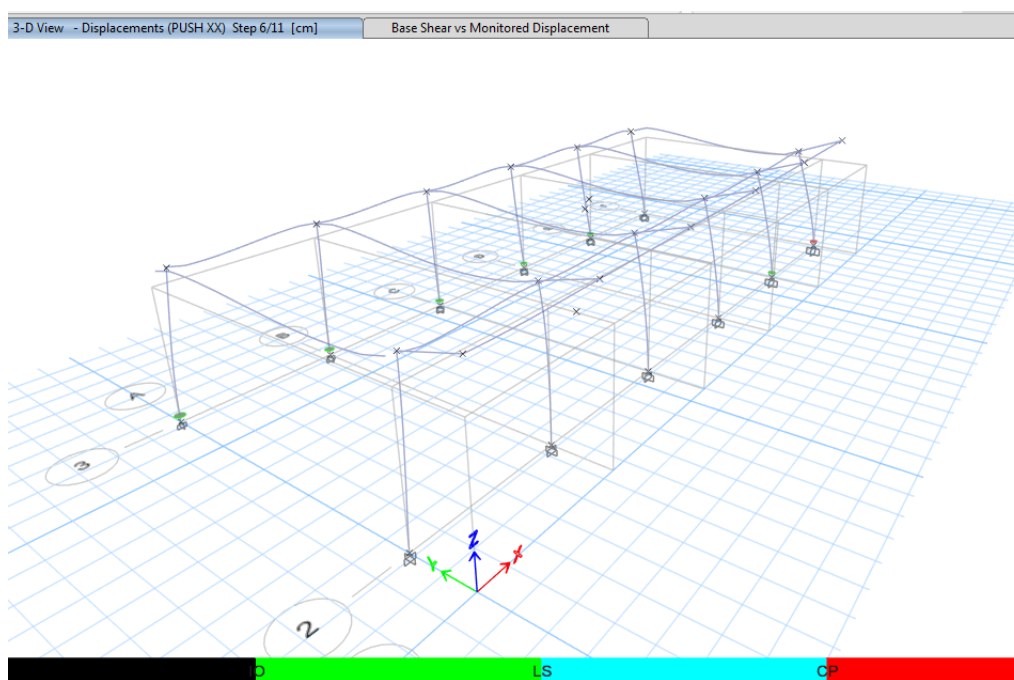


Figura 21: Ubicación de las Primeras Rótulas Plásticas

Fuente: ETABS 2018

El máximo desplazamiento antes de llegar al colapso es de 2.31cm. En este paso tenemos 16 rótulas en columnas, donde 8 de estas están en el rango de colapso ubicadas en la parte inferior de las columnas del eje 2 y3. Las siguientes 4 rotulas ubicadas en la parte superior de las columnas del eje 3 se

encuentra en el rango de Inmediata Ocupación – Seguridad de Vida, por ultimo 3 rotulas en la parte inferior del eje 2 y 1 en el eje F en el rango de Seguridad de Vida – Prevención de Colapso.

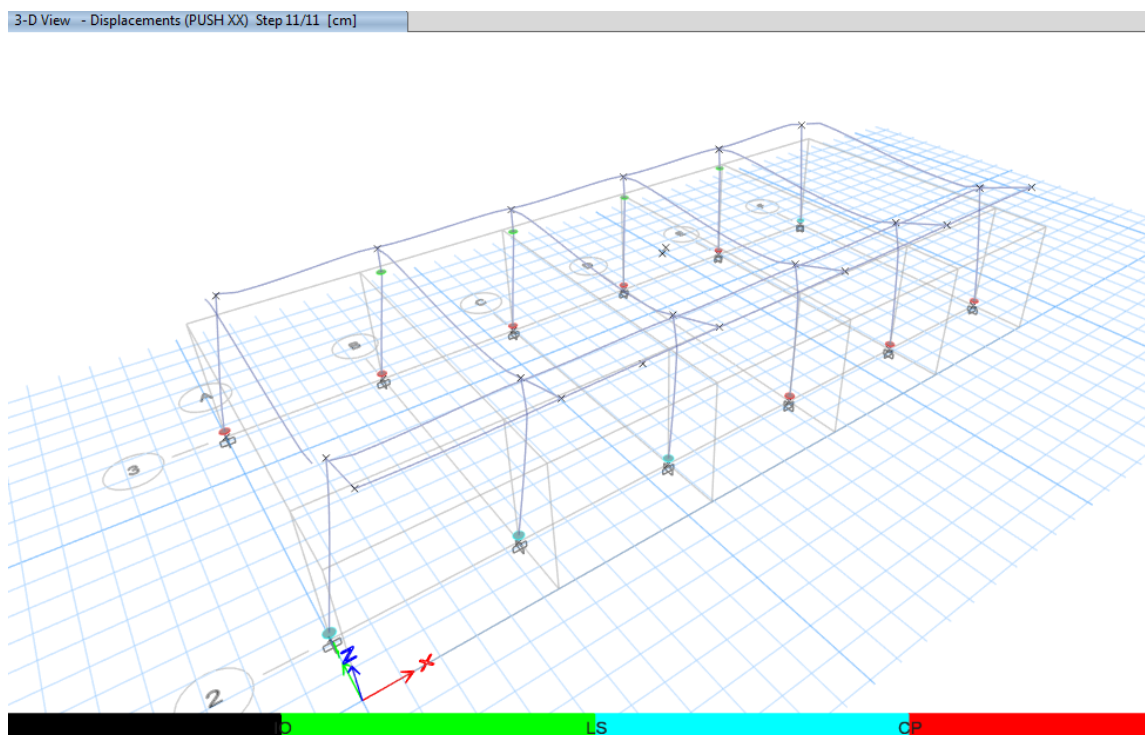


Figura 22: Fallas Locales antes del Colapso del Módulo VI

Fuente: ETABS 2018

#### 4.4.2 Rótulas Plásticas en el Módulo V

Las primeras rótulas plásticas se generan en el paso 7 del análisis con un desplazamiento de 3.3689 cm. Son 4 rótulas ubicadas en las vigas del eje G: una en la viga del tercer piso, dos en la del segundo piso y la última en la del primer piso. La estructura se encuentra incursionando en el rango de Inmediata Ocupación.

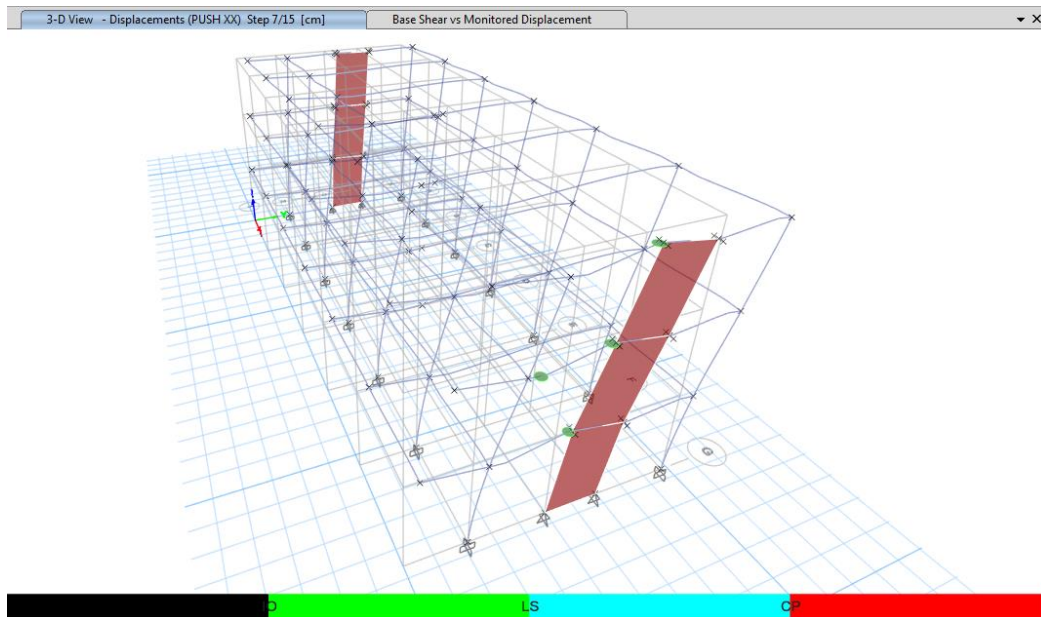


Figura 23: Ubicación de las Primeras Rótulas Plásticas del Módulo V

Fuente: ETABS 2018

El máximo desplazamiento antes de llegar al posible colapso es de 7.1967 cm obtenidos en el paso 15 del análisis no lineal. En este paso se han generado 38 rotulas: en vigas 34 y 4 en la parte inferior de las columnas encontrándose en modulo V en un rango de Inmediata Ocupación – seguridad de vida.

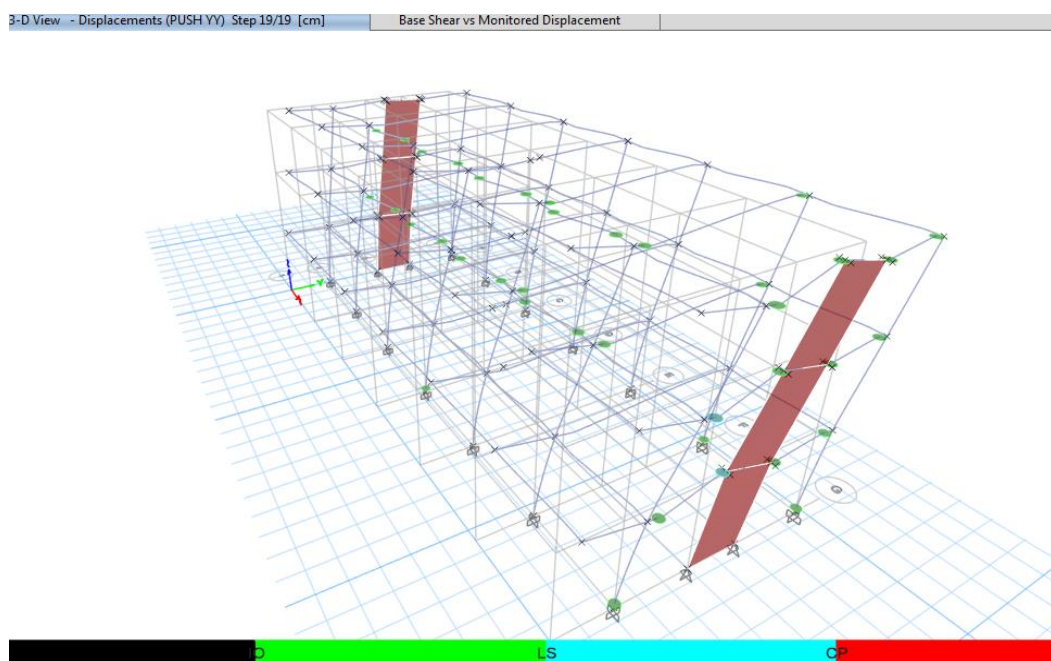


Figura 24: Fallas Locales antes del Colapso del Módulo V

Fuente: ETABS 2018

#### 4.5 Obtención de la Curva de Capacidad

Para la obtención de la curva de capacidad primero se procedió a realizar un levantamiento estructural in situ para la corroboración de las dimensiones de los elementos estructurales y arquitectura con la información de los planos de la edificación. Como procedimiento para la obtención de la curva de capacidad se consideró un punto de control en el centro de masa de ambos módulos para monitorear los desplazamientos al momento de hacer el análisis pushover. Las rótulas plásticas se colocaron en columnas, vigas al 5% y 95% del elemento y en placas en su centro.

##### 4.5.1. Curva de Capacidad del Módulo VI

La siguiente Figura 31 muestra la curva de capacidad que relaciona la cortante ( $T_n$ ) y el desplazamiento (cm), éstas son el resultado final de haberse generado las rótulas plásticas en vigas y columnas. La curva de capacidad en el sentido "X" presenta un desplazamiento de 0.36 cm ocasionada por una fuerza cortante de 217.43 tn y la capacidad última en el sentido "X" es con un desplazamiento de 2.30 cm ocasionada por una fuerza cortante de 359.00 tn, a este punto la estructura llegaría al colapso.

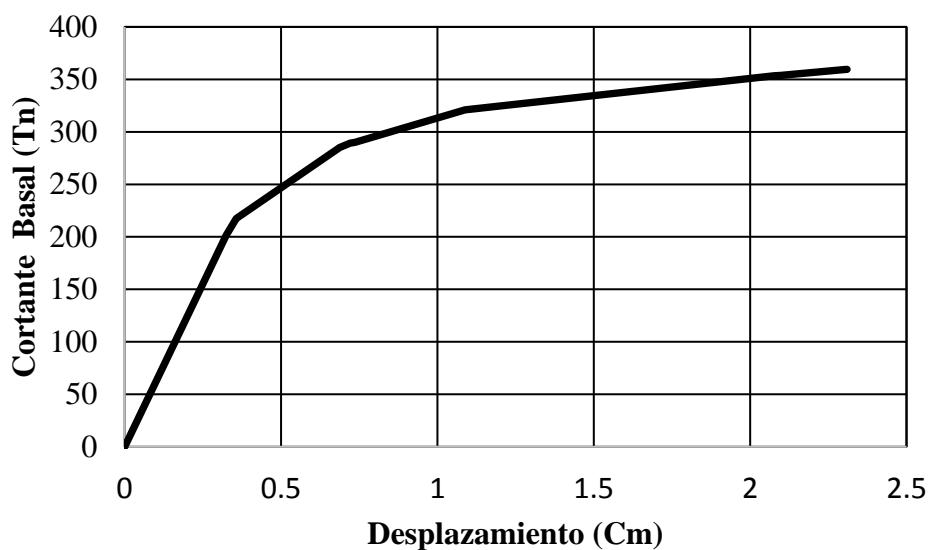


Figura 25: Curva de Capacidad en Dirección X del Módulo VI

Fuente: Elaboración propia



La curva de capacidad en el sentido “Y” presenta un desplazamiento de 0.41cm aproximadamente ocasionada por una fuerza cortante de 217.43tn y la capacidad última en el sentido “Y” es con un desplazamiento de 2.74cm ocasionada por una fuerza cortante de 359.11tn, a este punto la estructura llegaría al colapso.

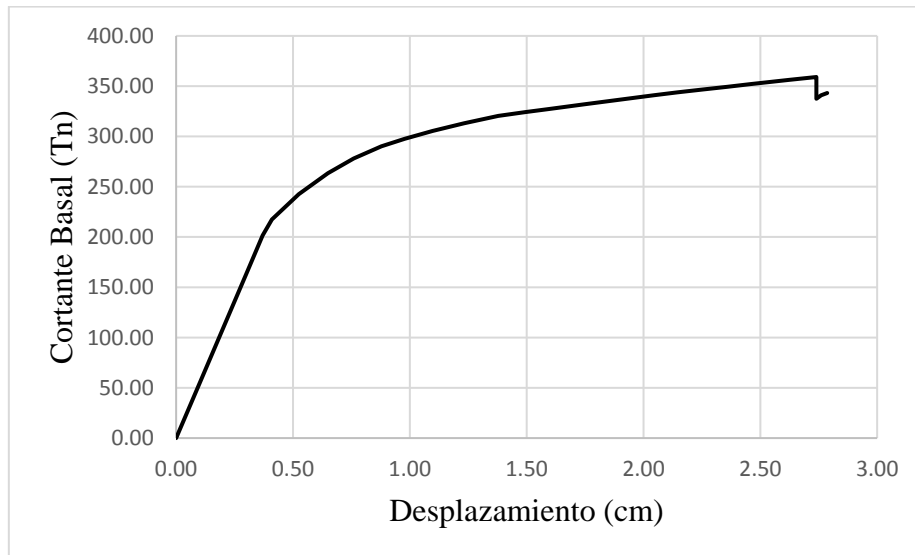


Figura 26: Curva de Capacidad en Dirección Y del Módulo VI

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2 Curva de Capacidad del Módulo V

La curva de capacidad del módulo V en el sentido “X” presenta un desplazamiento de 1.22cm aproximadamente ocasionada por una fuerza cortante de 683.62tn y la capacidad última en el sentido “Y” es con un desplazamiento de 5.64cm ocasionada por una fuerza cortante de 1035.82 tn, a este punto la estructura llegaría al colapso.

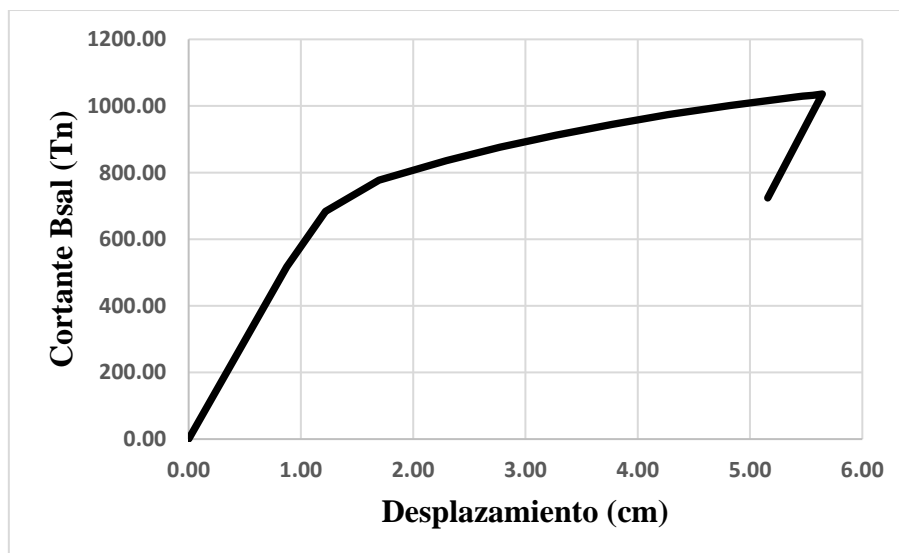


Figura 27: Curva de Capacidad en Dirección X del Módulo V

Fuente: Elaboración propia

La curva de capacidad del módulo V en el sentido “Y” presenta un desplazamiento de 0.86cm aproximadamente ocasionada por una fuerza cortante de 507.96tn y la capacidad última en el sentido “Y” es con un desplazamiento de 7.06cm ocasionada por una fuerza cortante de 1034.47tn, a este punto la estructura llegaría al colapso.

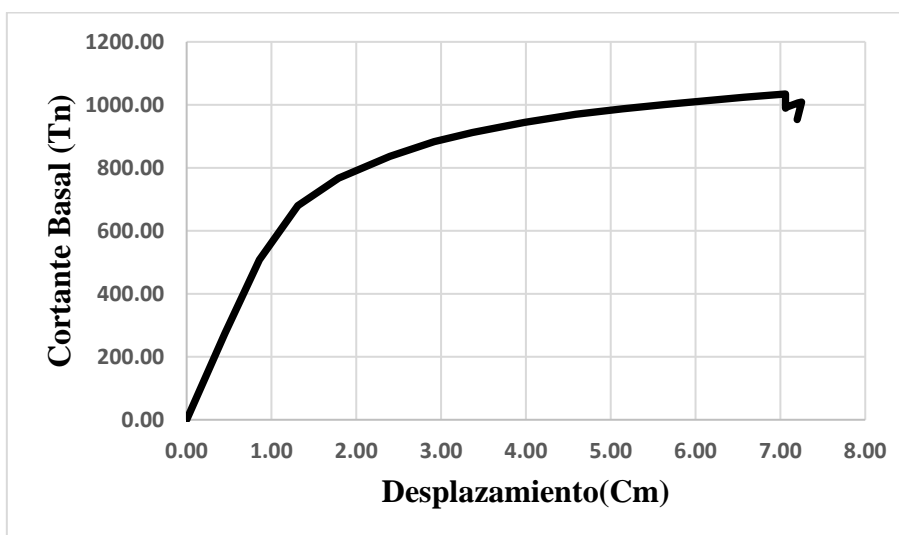


Figura 28: Curva de Capacidad en Dirección Y del Módulo V

Fuente: Elaboración propia

## 4.6 Espectros de Capacidad

Ahora la curva de capacidad es transformada en un espacio de coordenadas espectrales y se conoce como curva aceleración espectral – desplazamiento espectral. Ecuaciones a utilizar para la conversión.

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1})/g}{\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1}^2)/g}$$

$$a^1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1})/g]^2}{(\sum_{i=1}^N (W_i)/g) [\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1}^2)/g]}$$

$$Sa_i = \frac{V_{i/w}}{a_1}$$

$$Sd_i = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1}$$

### 4.6.1 Espectros de Capacidad del Módulo VI

**Tabla 27:** Coordenadas Espectrales

en Dirección X del Mod. VI

<b>Sd</b>	<b>Sa</b>
cm	g
0.00	0.00
0.11	0.26
0.22	0.52
0.32	0.79
0.35	0.85
0.39	0.92
0.51	1.04
0.67	1.15
0.79	1.22
0.92	1.27
1.15	1.34
1.27	1.37
1.44	1.39
1.64	1.42
1.75	1.43
1.85	1.45
1.95	1.46
2.08	1.47
2.19	1.48
2.29	1.50
2.39	1.51
2.50	1.52
2.54	1.52
2.54	1.52
2.55	1.44
2.60	1.46
2.60	1.46
2.60	1.46

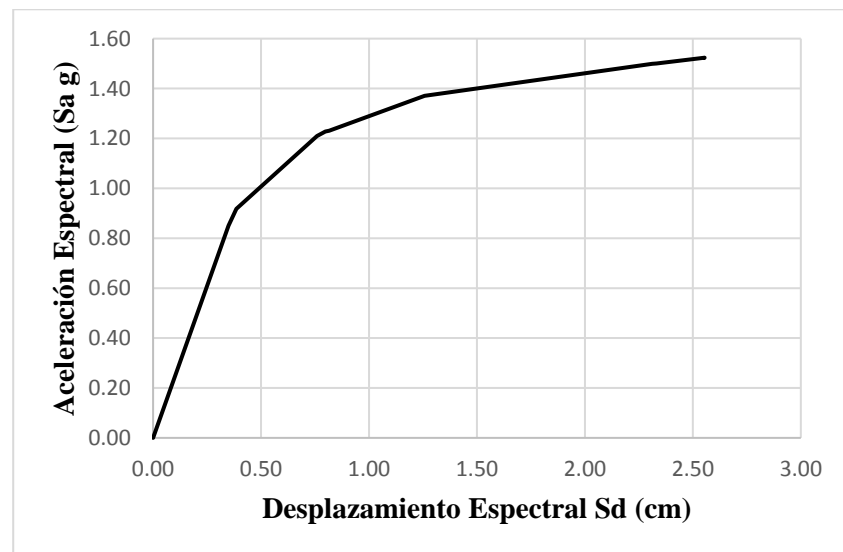


Figura 29: Espectros de Capacidad en Dirección X del Mod. VI

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28:** Coordenadas Espectrales en Dirección Y del Módulo. VI

<b>Sd</b>	<b>Sa</b>
cm	g
0.00	0.00
0.09	0.23
0.19	0.46
0.28	0.69
0.35	0.85
0.39	0.92
0.49	1.03
0.61	1.12
0.71	1.18
0.82	1.23
0.90	1.27
1.01	1.30
1.12	1.34
1.25	1.37
1.36	1.38
1.45	1.40
1.59	1.41
1.69	1.43
1.78	1.44
1.88	1.45
1.97	1.46
2.08	1.47
2.18	1.48
2.28	1.49
2.43	1.51
2.54	1.52
2.54	1.52
2.54	1.52
2.56	1.45
2.58	1.46

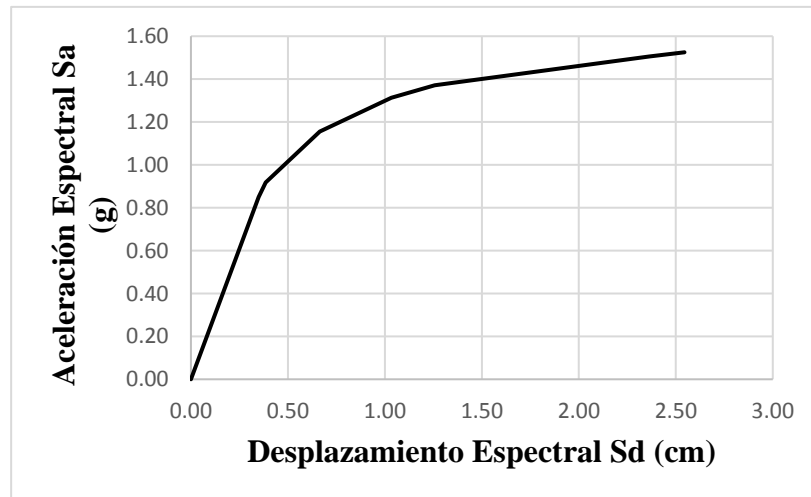


Figura 30: Espectro de Capacidad en Dirección Y del Mod. VI

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.2. Espectros de Capacidad del Módulo V

**Tabla 29:** Coordenadas Espectrales

En Dirección X del Módulo V

Sd (Cm)	Sa (g)
0.00	0.00
0.33	0.36
0.65	0.70
0.95	0.93
1.32	1.09
1.73	1.18
2.07	1.25
2.45	1.30
2.86	1.35
3.31	1.40
3.87	1.44
4.49	1.48
4.55	1.49
4.65	1.49
4.74	1.50

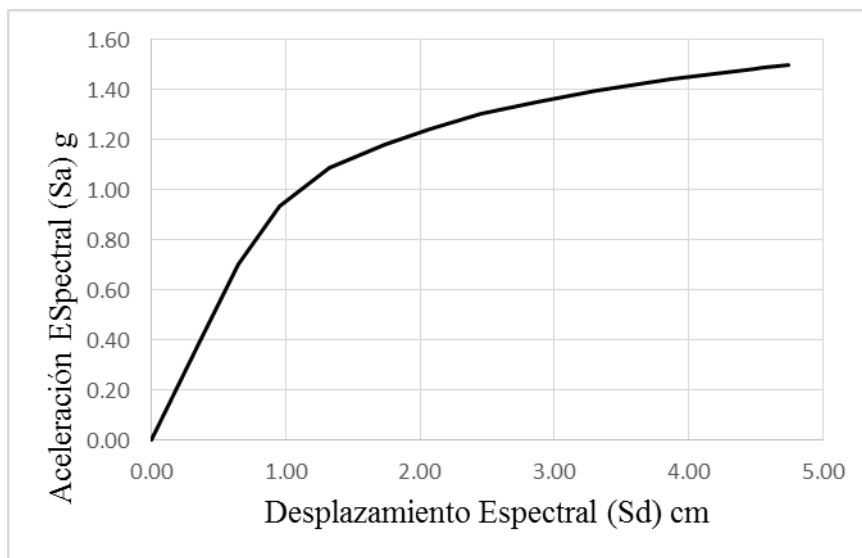


Figura 31: Espectro de Capacidad en Dirección X del Mod. V

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30:** Coordenadas Espectrales en Dirección Y del Mod. V

Sd (Cm)	Sa (Cm) g
0.00	0.00
0.34	0.37
0.64	0.69
0.94	0.93
1.27	1.07
1.73	1.18
2.13	1.26
2.45	1.30
2.86	1.35
3.25	1.39
3.57	1.42
3.87	1.44
4.13	1.46
4.41	1.48
4.71	1.50
4.78	1.46
4.81	1.47

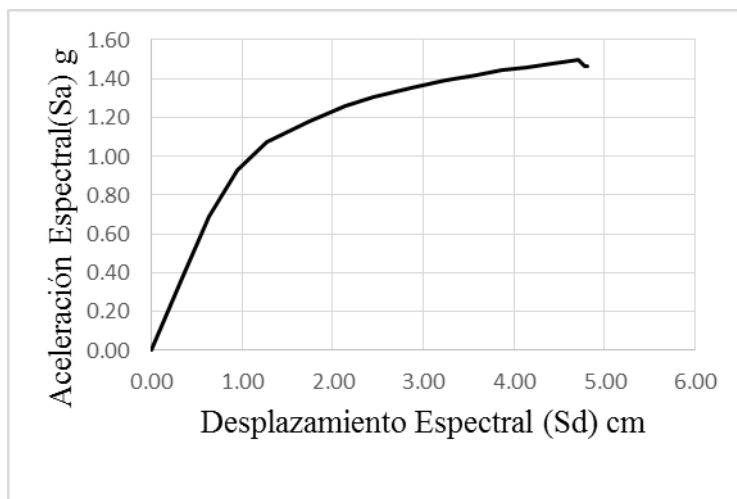


Figura 32: Espectro de Capacidad en Dirección Y del Mod. V

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7 Espectro de Demanda

Para la continuar con el análisis estático no lineal y desempeño de la estructura se tiene que hacer la conversión del espectro sísmico de aceleraciones que nos proporciona la norma peruana E.030 al formato espectral ADRS (Acceleration Displacement response Septum). Al igual que la curva de capacidad se convirtió a un espectro de capacidad esto es para ser utilizado en el método del espectro de capacidad con la finalidad que estas dos graficas se intersecten y nos permita ubicar el punto de desempeño.

**Tabla 31:** Espectros Sísmicos de Pseudoaceleraciones

<b>T (Seg)</b>	<b>S. Frecuente (Sa)</b>	<b>S. Ocasional (Sa)</b>	<b>S. Raro (Sa)</b>	<b>S. Muy raro (Sa)</b>	<b>S. Extremo (Sa)</b>	<b>S. Maximo(Sa)</b>
<b>0.00</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>0.10</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>0.20</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>0.30</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>0.40</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>0.50</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>0.60</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>1.00</b>	0.9281	1.1138	1.8563	2.0419	2.4131	2.7844
<b>1.20</b>	0.7734	0.9281	1.5469	1.7016	2.0109	2.3203
<b>1.40</b>	0.6629	0.7955	1.3259	1.4585	1.7237	1.9888
<b>1.60</b>	0.5801	0.6961	1.1602	1.2762	1.5082	1.7402
<b>1.80</b>	0.4583	0.5500	0.9167	1.0083	1.1917	1.3750
<b>2.00</b>	0.3713	0.4455	0.7425	0.8168	0.9653	1.1138
<b>2.20</b>	0.3068	0.3682	0.6136	0.6750	0.7977	0.9205
<b>2.40</b>	0.2578	0.3094	0.5156	0.5672	0.6703	0.7734
<b>2.60</b>	0.2197	0.2636	0.4393	0.4833	0.5712	0.6590
<b>2.80</b>	0.1894	0.2273	0.3788	0.4167	0.4925	0.5682
<b>3.00</b>	0.1650	0.1980	0.3300	0.3630	0.4290	0.4950
<b>3.20</b>	0.1450	0.1740	0.2900	0.3190	0.3771	0.4351
<b>3.40</b>	0.1285	0.1542	0.2569	0.2826	0.3340	0.3854
<b>3.60</b>	0.1146	0.1375	0.2292	0.2521	0.2979	0.3438
<b>3.80</b>	0.1028	0.1234	0.2057	0.2262	0.2674	0.3085
<b>4.00</b>	0.0928	0.1114	0.1856	0.2042	0.2413	0.2784
<b>4.00</b>	0.0928	0.1114	0.1856	0.2042	0.2413	0.2784
<b>4.25</b>	0.0822	0.0987	0.1644	0.1809	0.2138	0.2466
<b>4.50</b>	0.0733	0.0880	0.1467	0.1613	0.1907	0.2200

Fuente: Elaboración propia

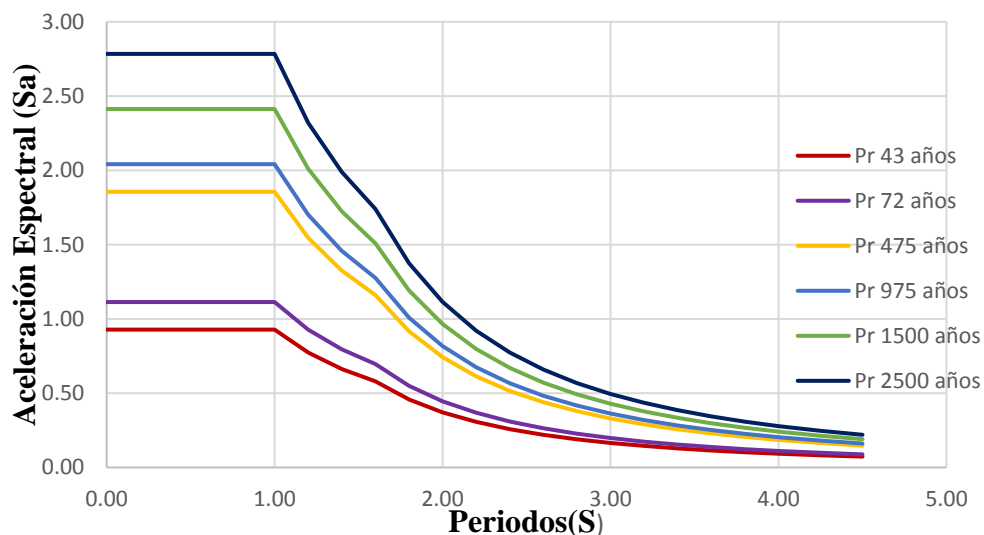


Figura 33: Espectros Sísmicos de Respuesta

Fuente: Elaboración propia

La conversión lo logramos con la siguiente formula:

$$S_{di} = \frac{T_i^2}{4\pi} * S_{ai} * g$$

Tabla 32: Coordenadas Espectrales de cada Periodo de Retorno

T (Seg)	S. Frecuente (Sd)	S. Ocasional (Sd)	S. Raro (Sd)	S. Muy raro (Sd)	S. Extremo (Sd)	S. Maximo (Sd)
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.10	0.2306	0.2767	0.4611	0.5073	0.5995	0.6917
0.20	0.9223	1.1067	1.8446	2.0290	2.3979	2.7668
0.30	2.0751	2.4902	4.1503	4.5653	5.3953	6.2254
0.40	3.6891	4.4269	7.3782	8.1161	9.5917	11.0674
0.50	5.7643	6.9171	11.5285	12.6814	14.9871	17.2928
0.60	8.3005	9.9606	16.6011	18.2612	21.5814	24.9016
1.00	23.0570	27.6684	46.1140	50.7254	59.9482	69.1711
1.20	27.6684	33.2021	55.3368	60.8705	71.9379	83.0053
1.40	32.2798	38.7358	64.5596	71.0156	83.9275	96.8395
1.60	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
1.80	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
2.00	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
2.20	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
2.40	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
2.60	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
2.80	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
3.00	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
3.20	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
3.40	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
3.60	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
3.80	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737

<b>4.00</b>	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
<b>4.00</b>	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
<b>4.25</b>	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737
<b>4.50</b>	36.8912	44.2695	73.7825	81.1607	95.9172	110.6737

Fuente: Elaboración propia

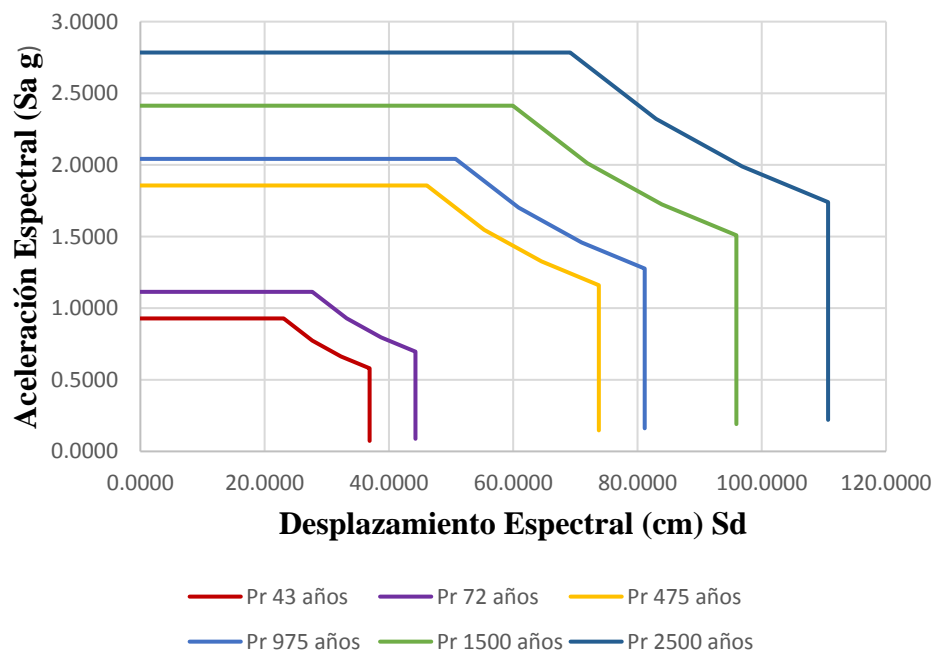


Figura 34: Espectros de Demanda de Cada Periodo de Retorno

Fuente: Elaboración propia

## 4.8 Punto de Desempeño

### 4.8.1 Método del Espectro de Capacidad – Fema 440

El cálculo más a detalle del punto de desempeño para cada periodo de retorno se encuentra en el Anexo 4.



**Tabla 33:** Puntos de Desempeño del Módulo VI – FEMA 440

DIRECCION	SISMO	ESPECTRO DE CAPACIDAD		CURVA DE CAPACIDAD	
		Sdp (cm)	Sap (g)	D (cm)	V (ton)
XX	Frecuente (43 años)	0.3817	0.9113	0.3534	215.81
	Ocasional (72 años)	0.4889	0.9989	0.4485	236.18
	Raro (475 años)	1.1252	1.3291	0.9834	311.72
	Muy Raro ( 975 años)	1.3848	1.3864	1.2085	324.92
	Extremo (1500 años)	1.8685	1.4453	1.662	339.83
	Máximo (2500 años)	2.3751	1.5051	2.1386	354.98
YY	Frecuente (43 años)	0.3817	0.9113	0.4057	215.81
	Ocasional (72 años)	0.4776	0.9965	0.5096	235.66
	Raro (475 años)	1.0586	1.3194	1.158	309.22
	Muy Raro ( 975 años)	1.3635	1.384	1.4967	324.18
	Extremo (1500 años)	1.8634	1.4447	2.03	339.32
	Máximo (2500 años)	2.3632	1.5053	2.5636	354.47

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34:** Puntos de Desempeño del Módulo V – FEMA 440

DIRECCION	SISMO	ESPECTRO DE CAPACIDAD		CURVA DE CAPACIDAD	
		Sdp (cm)	Sap (g)	D (cm)	V (ton)
XX	Frecuente (43 años)	0.9035	0.8998	1.1672	658.47
	Ocasional (72 años)	1.0956	0.9948	1.4067	720.47
	Raro (475 años)	2.6455	1.3259	3.5082	927.59
	Muy Raro ( 975 años)	3.7487	1.4314	4.6985	995.37
	Extremo (1500 años)	4.3392	1.474	5.2654	1020.69
	Máximo (2500 años)	*	*	*	*
YY	Frecuente (43 años)	0.9021	0.8995	1.2529	658.44
	Ocasional (72 años)	1.0939	0.9948	1.5343	720.83
	Raro (475 años)	2.655	1.3271	3.6757	928.3
	Muy Raro ( 975 años)	3.7542	1.432	5.4471	995.92
	Extremo (1500 años)	4.1229	1.4587	6.0754	1011.84
	Máximo (2500 años)	*	*	*	*

Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.2 Método de los coeficientes – ASCE/SEI 41-13

El cálculo más a detalle del punto de desempeño para cada periodo de retorno se encuentra en el Anexo 4.

**Tabla 35:** Puntos de Desempeño del Módulo VI - ASCE/SEI 41-13

DIRECCION	SISMO (Pr)	D (cm)	V (ton)
XX	Frecuente (43 años)	0.32	201.46
	Ocasional (72 años)	0.37	221.03
	Raro (475 años)	0.72	289.54
	Muy Raro ( 975 años)	0.81	296.71
	Extremo (1500 años)	1	313.18
	Máximo (2500 años)	1.2	324.94
YY	Frecuente (43 años)	0.34	201.46
	Ocasional (72 años)	0.43	221.58
	Raro (475 años)	0.85	284.75
	Muy Raro ( 975 años)	0.97	295.11
	Extremo (1500 años)	1.22	312.8
	Máximo (2500 años)	1.5	324.3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36:** Puntos de Desempeño del Módulo V - ASCE/SEI 14-13

DIRECCION	SISMO	D (cm)	V (ton)
XX	Frecuente (43 años)	1.04	599.8
	Ocasional (72 años)	1.27	694.16
	Raro (475 años)	2.5	853.85
	Muy Raro ( 975 años)	2.88	884.73
	Extremo (1500 años)	3.64	936.5
	Máximo (2500 años)	4.38	979.68
YY	Frecuente (43 años)	1.16	621.42
	Ocasional (72 años)	1.44	703.23
	Raro (475 años)	2.7	863.89
	Muy Raro ( 975 años)	3.09	894.28
	Extremo (1500 años)	3.95	942.77
	Máximo (2500 años)	4.99	982.76

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9 Determinación del Desempeño Sísmico

Para evaluar los objetivos de desempeño se tiene que tener en consideración los niveles de sismo que nos da el comité visión 2000.

**Tabla 37:** Movimientos Sísmicos de Diseño

MOVIMIENTO SISMICO DE VERIFICACION	PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	FE
FRECUENTE	43 años	70% en 50 años	0.5
OCASIONAL	72 años	50% en 50 años	0.6
RARO	475 años	10% en 50 años	1
MUY RARO	975 años	5% en 50 años	1.1
EXTREMO	1500 años	3.25% en 50 años	1.3
MAXIMO	2500 años	2% en 50 años	1.5

Fuente: comité visión 2000 (SEAOC)

El Comité Visión 2000 separa las estructuras de 3 formas teniendo en cuenta la importancia que tendrán estas durante y después de ocurrido un sismo:

1. Estructuras de seguridad crítica las cuales almacenan grandes cantidades de materiales de riesgo que representan una amenaza para la mayor parte de la sociedad.
2. Estructuras Esenciales que deben mantenerse en funcionamiento para todas operaciones y actividades después de un sismo. Estas son los hospitales, estaciones policiales, bomberos, centrales de emergencias, instituciones educativas, etc.
3. Estructuras Básicas son para estructuras comunes como viviendas, oficinas, hoteles, etc.

MOVIMIENTO SISMICO DE DISEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA			
	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso
FRECUENTE	1	0	0	0
OCASIONAL	2	1	0	0
RARO	3	2	1	0
MUY RARO	-	3	2	1
EXTREMO	-	-	3	2
MAXIMO	-	-	-	3

0. Desempeño inaceptable

1. Estructuras Básicas

2. Estructuras esenciales / riesgosas

3. Estructuras de seguridad crítica.

Figura 35: Objetivos de Desempeño para Estructuras

Fuente: Comité Visión 2000 (SEAOC)

Los datos para la realización de los gráficos podemos ubicarlos en el Anexo 5.

#### 4.9.1 Método del Espectro de Capacidad – FEMA 440

##### 4.9.1.1 Módulo VI – Dirección XX

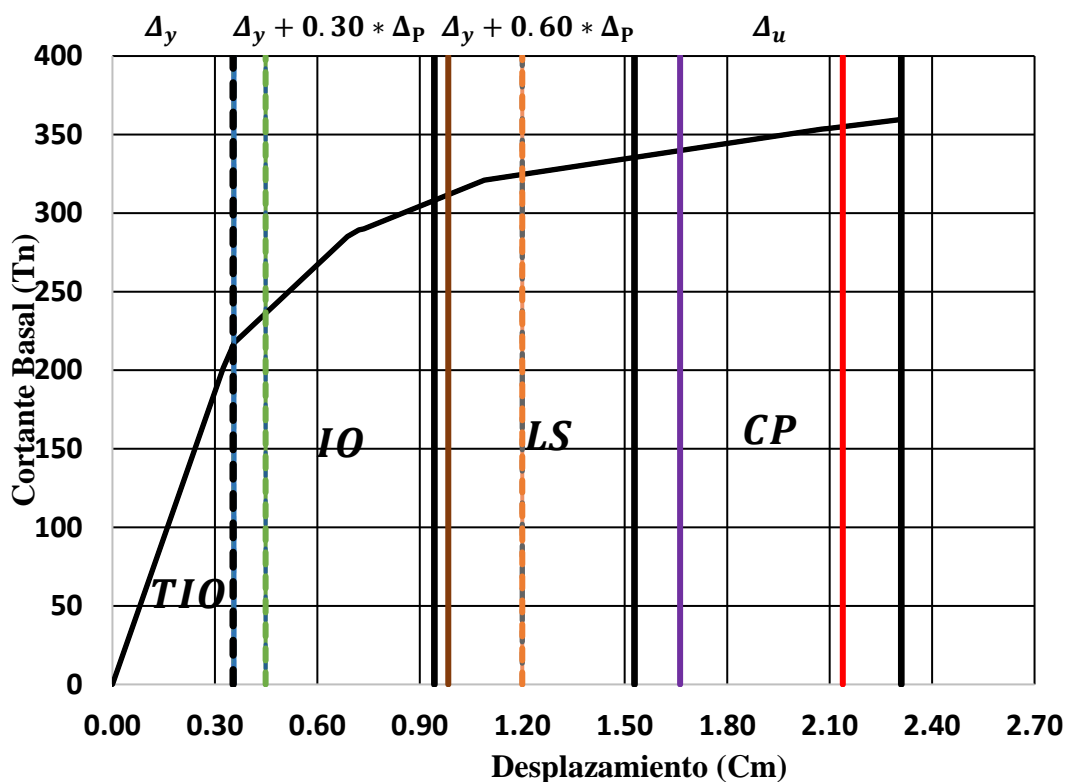
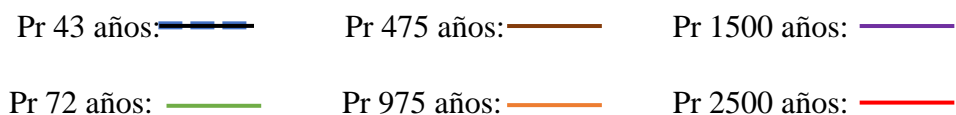


Figura 36: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Periodo de Retorno–FEMA 440



Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.1.2 Módulo VI - Dirección YY

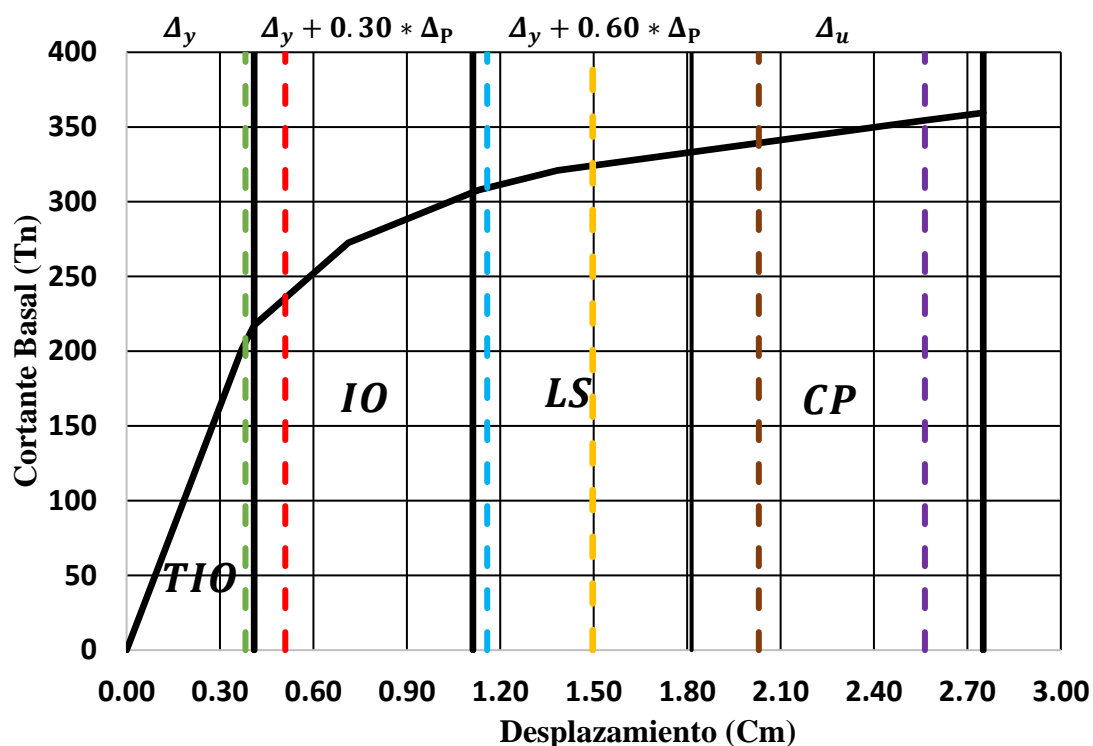


Figura 37: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Periodo de Retorno–FEMA 440

Pr 43 años: ---      Pr de 475 años: ---      Pr de 1500 años: ---  
 Pr 72 años: ---      Pr de 975 años: ---      Pr de 2500 años: ---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38:** Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo VI - Fema 440

DIRECCION	SISMO	TOTALMENTE OPERACIONAL (TO)	OPERACIONAL (IO)	SEGURIDAD DE VIDA (LS)	PREVENCION DE COLAPSO (PC)	CUMPLE?
XX	Pr 43 años					SI
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					NO
	Pr 975 años					SI
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años					SI
YY	Pr 43 años					SI
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					NO
	Pr 975 años					SI
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años					SI

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.1.3 Módulo V – Dirección XX

Figura: Desempeños Sísmicos para cada Periodo de Retorno - XX

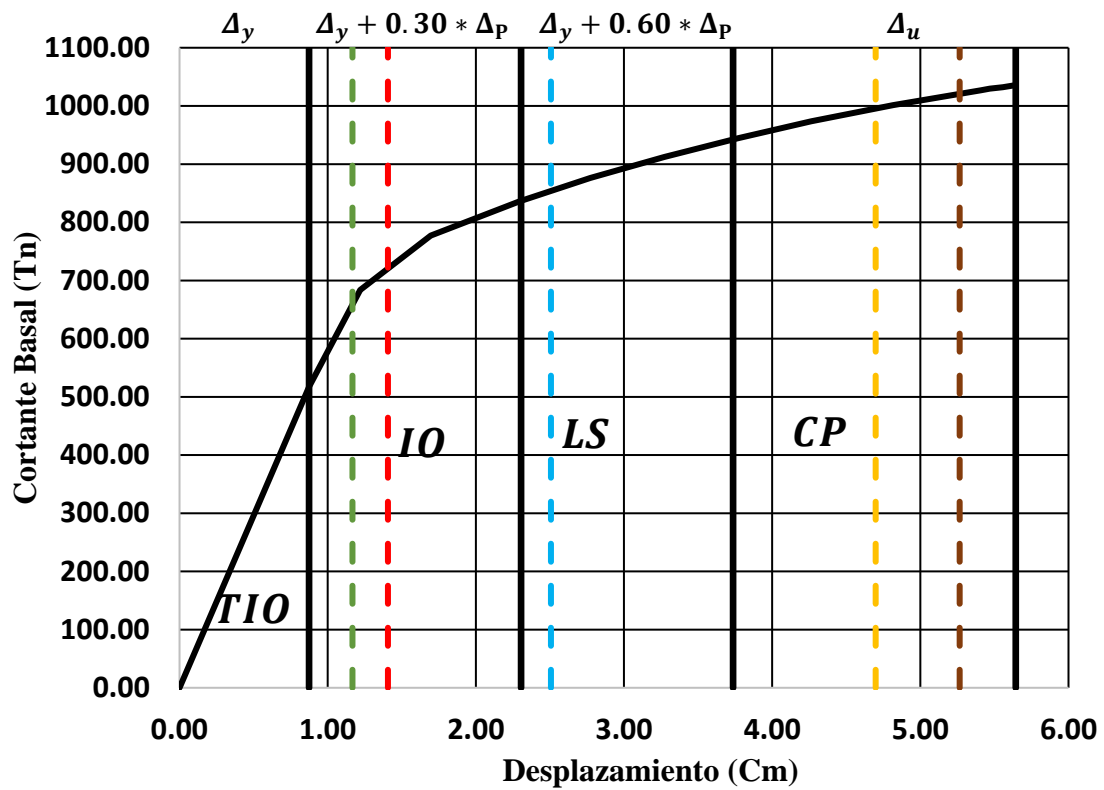


Figura 38: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno – FEMA 440

Pr 43 años: --- Pr de 475 años: --- Pr de 1500 años: ---  
 Pr 72 años: --- Pr de 975 años: ---

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.1.4 Módulo V –Dirección YY

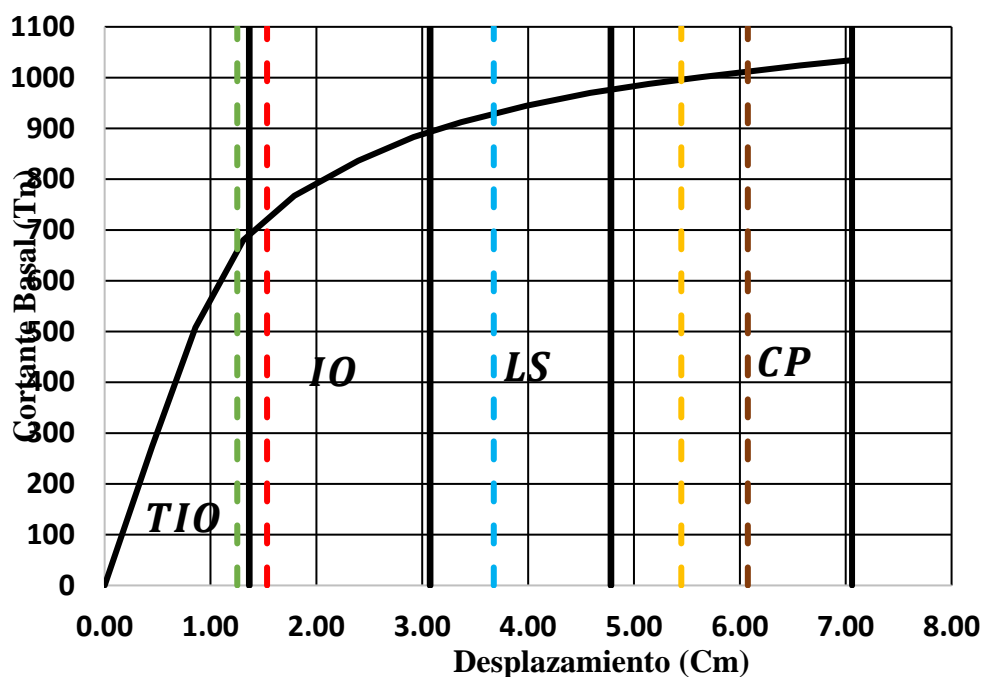


Figura 39: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno-FEMA 440

Pr 43 años: --- Pr de 475 años: --- Pr de 1500 años: ---  
 Pr 72 años: --- Pr de 975 años: ---

Fuente: Elaboración propia

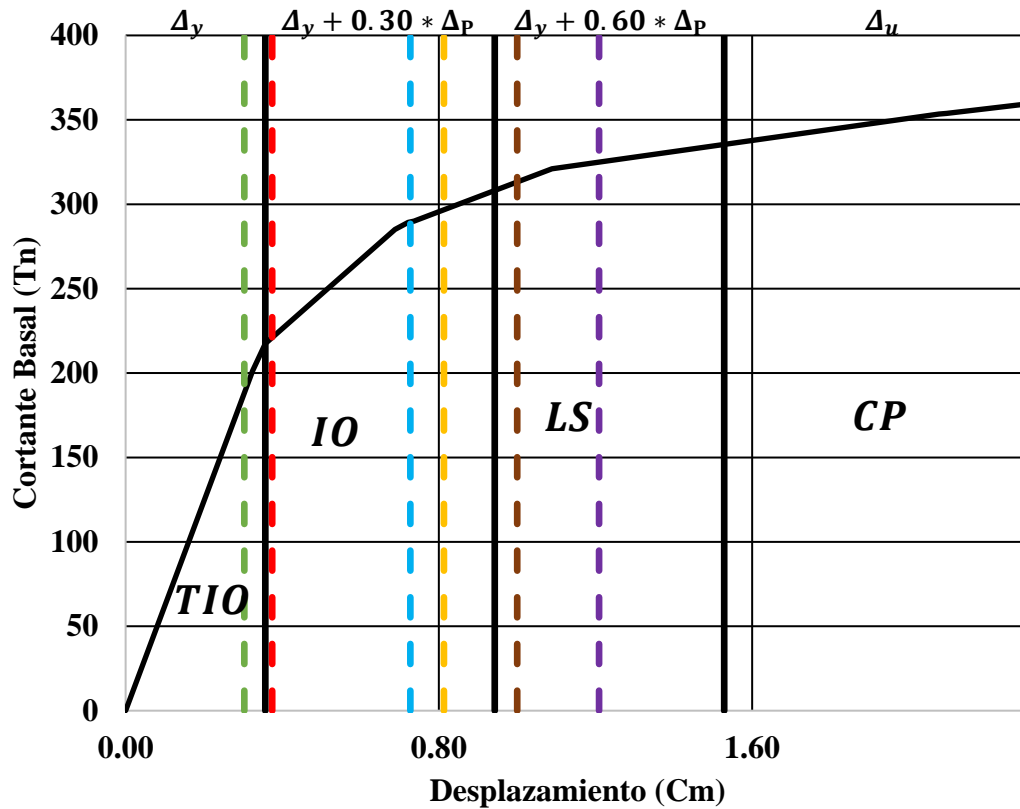
**Tabla 39:** Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo V - Fema 440

DIRECCION	SISMO	TOTALMENTE OPERACIONAL (TO)	OPERACIONAL (IO)	SEGURIDAD DE VIDA (LS)	PREVENCIÓN DE COLAPSO (PC)	CUMPLE?
XX	Pr 43 años					NO
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					NO
	Pr 975 años					NO
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años	*	*	*	*	
YY	Pr 43 años					SI
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					NO
	Pr 975 años					NO
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años	*	*	*	*	

Fuente: Elaboración propia

## 4.9.2 Método de los Coeficientes – ASCE/SEI 41-13

### 4.9.2.1 Módulo VI - Dirección XX



Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Periodo de Retorno - ASCE/SEI 41-13

Pr 43 años: ---	Pr de 475 años: ---	Pr de 1500 años: ---
Pr 72 años: ---	Pr de 975 años: ---	Pr de 2500 años: ---



#### 4.9.2.2 Módulo VI - Dirección YY

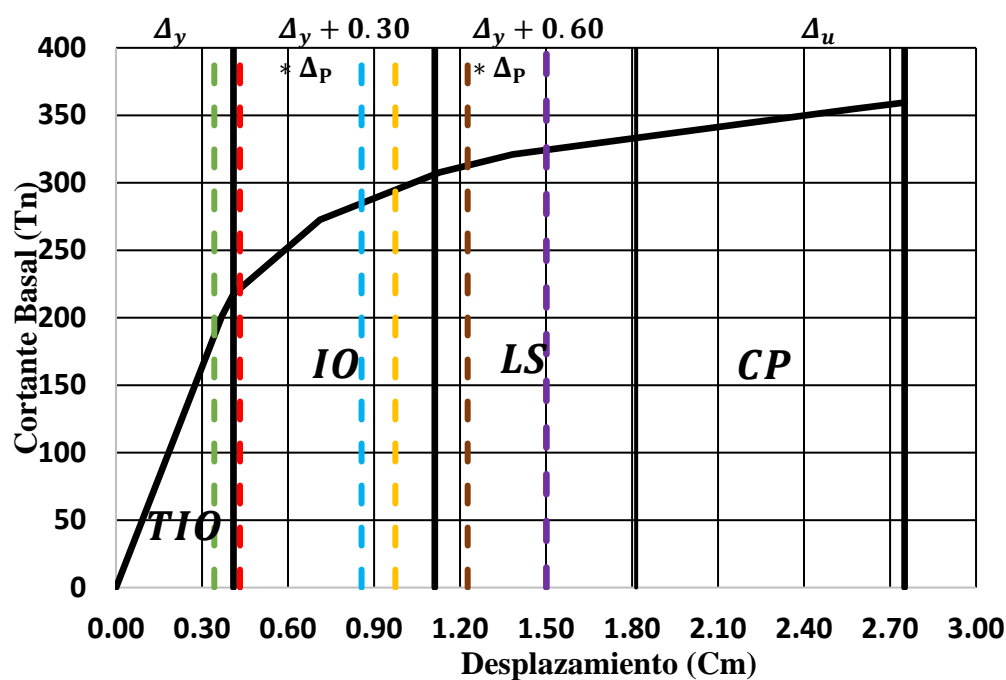


Figura 41: Desempeño Sísmico del Módulo VI en cada Período de Retorno - ASCE/SEI 41-13

Pr 43 años: ---      Pr de 475 años: ---      Pr de 1500 años: ---  
 Pr 72 años: ---      Pr de 975 años: ---      Pr de 2500 años: ---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40:** Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo VI - Asce/Sei 41-13

DIRECCION	SISMO	TOTALMENTE OPERACIONAL (TO)	OPERACIONAL (IO)	SEGURIDAD DE VIDA (LS)	PREVENCION DE COLAPSO (PC)	CUMPLE?
XX	Pr 43 años					SI
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					SI
	Pr 975 años					SI
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años					SI
YY	Pr 43 años					SI
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					SI
	Pr 975 años					SI
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años					SI

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.2.3 Módulo V – Dirección XX

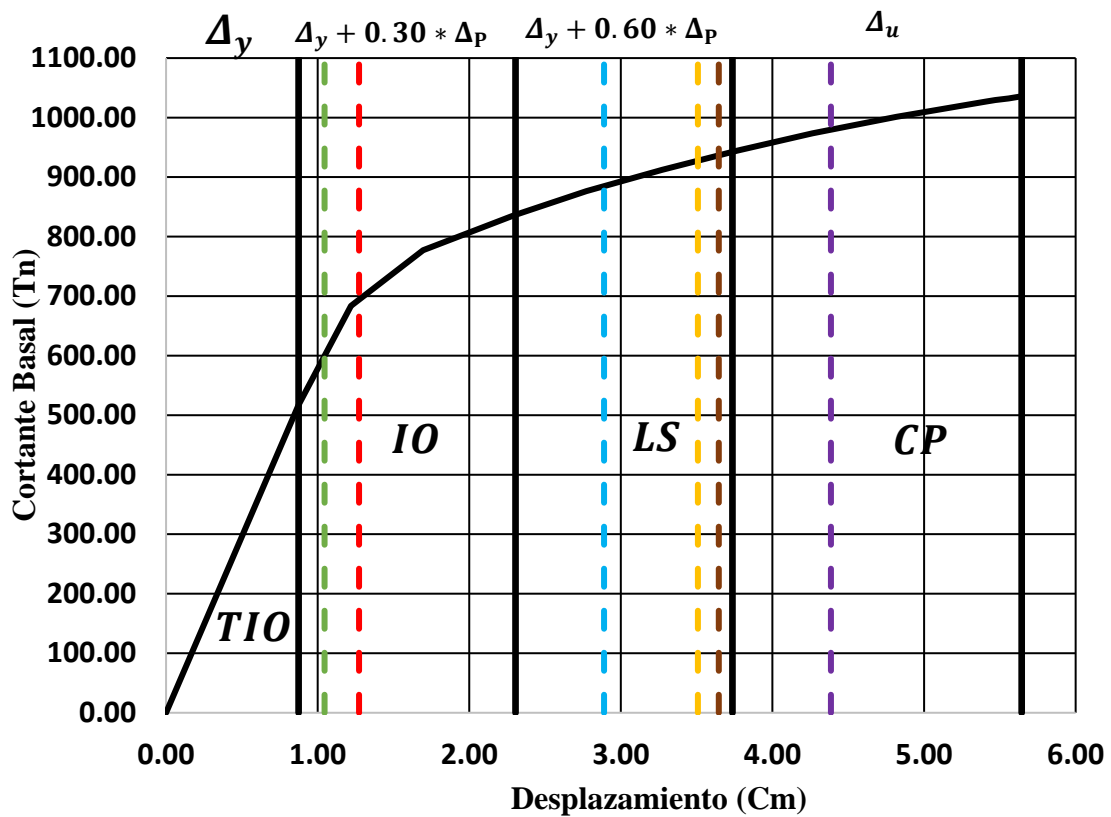


Figura 42: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno - ASCE/SEI 41-13

Pr 43 años: --- Pr de 475 años: --- Pr de 1500 años: ---  
 Pr 72 años: --- Pr de 975 años: --- Pr de 2500 años: ---

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.2.4 Módulo V – Dirección YY

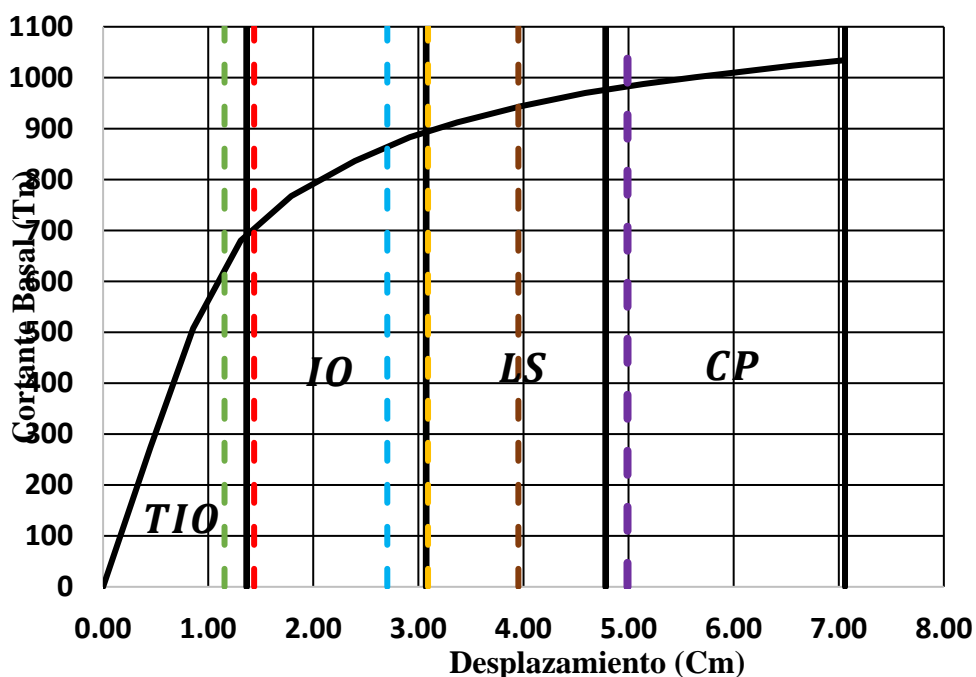


Figura 43: Desempeño Sísmico del Módulo V en cada Periodo de Retorno - ASCE/SEI 41-13

Pr 43 años: ---      Pr de 475 años: ---      Pr de 1500 años: ---  
 Pr 72 años: ---      Pr de 975 años: ---      Pr de 2500 años: ---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41:** Verificación de los Objetivos de Desempeño del Módulo V - Asce/Sei 41-13

DIRECCION	SISMO	TOTALMENTE OPERACIONAL (TO)	OPERACIONAL (IO)	SEGURIDAD DE VIDA (LS)	PREVENCION DE COLAPSO (PC)	CUMPLE?
XX	Pr 43 años					NO
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					NO
	Pr 975 años					SI
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años					SI
YY	Pr 43 años					SI
	Pr 72 años					NO
	Pr 475 años					SI
	Pr 975 años					SI
	Pr 1500 años					SI
	Pr 2500 años					SI

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

- Los módulos V y VI de a I.E Hermanos Blanco pertenecen a una categoría de uso esencial tipo A2 por la cual sus objetivos de nivel de desempeño son más exigentes ante distintas demandas sísmicas de periodos de retornos como lo clasifica la matriz de la guía del SEAOB por lo cual se espera que ante un sismo severo puedan mantenerse operacionales después de ocurrido el evento por lo cual se planteó la hipótesis de que ambos módulos podrían tener un buen comportamiento estructural y óptimo nivel de desempeño esperado ante un sismo de periodo de retorno de 475 años por lo cual no se obtuvo mediante el método del espectro de Capacidad (FEMA 440) para los módulos V y VI en ambas direcciones de análisis (X,Y), no logran cumplir con el objetivo de desempeño esperado de quedar operacionales ante una acción sísmica severa, mientras que en el método de los coeficientes logra cumplir con el objetivo de desempeño esperado, por lo cual ambos métodos son reconocidos como validados, pero queda a criterio la elección del resultado que vaya con mayor concordancia y cercanía a los resultados obtenidos del comportamiento de la estructura por lo cual se toma como válido lo obtenido por el método del espectro de capacidad (Fema 440), ya que los niveles de desempeño obtenidos, las articulaciones plásticas se asemejan más a este método.
- Los módulos V y VI cuentan con un considerable seccionamiento y capacidad de resistencia de sus elementos estructurales por las cuales los desplazamientos obtenidos, y derivas en ambas direcciones son menores al 0.003 por lo cual se hubiera podido optimizar las secciones de los elementos y poder generar una menor resistencia, pero mayor capacidad de ductilidad para incursionar en el rango no lineal por los cuales se pudo obtener poco desplazamiento.
- Las articulaciones plásticas obtenidas para el análisis de los módulos V tuvieron un mejor comportamiento que el módulo VI ya que las rotulas plásticas se presentaron primero en las vigas en los primeros pasos del

análisis no lineal pushover en ambas direcciones y luego en los últimos pasos se generan en las columnas presentando entre un estado de ocupación inmediata y seguridad de vida, pero no teniendo rotulas de prevención de colapso. Para el modulo VI se obtuvo un comportamiento contrario a la del módulo V por lo que se presentaron primero rotulas plásticas críticas en las columnas en T y L para los últimos pasos del análisis no lineal pushover , para las vigas no se presentaron rotulas plásticas en las vigas debido que presentaban una gran sección por la cual no incursionaron en el rango no lineal y solo se presentaron las articulaciones plásticas en las columnas por lo cual es importante realizar un chequeo del diseño final columna fuerte-vigas débil para prevenir el posible colapso de las columnas antes que las vigas.

## VI. CONCLUSIONES

- Se Realizó el modelamiento Estructural de los Módulos V y VI de la I.E Hermanos Blanco en el software Etabs 18, asignamiento de Cargas y reforzamiento concordante a las especificaciones de los planos Estructurales Existentes para la obtención de las fuerzas, desplazamiento, derivas y comprobar con lo exigido en la Norma de Diseño Sismorresistente E-0.30, dándonos como resultado que para ambos Módulos cumplen con el Cortante Basal mínimo en el primer entrepiso en ambas direcciones de análisis (X,Y) siendo mayor de 80% del cortante estático, en los desplazamientos máximos el Módulo V se obtuvieron en el sentido "X" 0.21 cm y en "Y" 0.29 cm, mientras que el Módulo VI se obtuvieron desplazamientos Máximos en la dirección X 0.06 cm y en "Y" 0.072 cm. En las derivas para el Módulo V en ambas direcciones se obtuvieron 0.002, mientras que el módulo VI en ambas direcciones se obtuvieron 0.003 cumpliendo con lo exigido en la norma E0.30 siendo para estructuras de concreto armado menores al 0.007.
- Se obtuvo las Curvas de Capacidad para los Módulos "V y VI" de la I.E Hermanos Blanco mediante el Análisis Estático no lineal, dando como resultado para el Módulo V en el sentido "X" un desplazamiento máximo de 5.64 cm y Cortante Basal de 1035.82 Tn, para el sentido "Y" se obtuvo un desplazamiento máximo de 7.06 cm y Cortante Basal de 1034.47 Tn. Para el Módulo VI para el sentido "X" obtuvo un desplazamiento máximo 2.31 cm y Cortante Basal de 359.56 Tn, para el sentido "Y" se obtuvo un desplazamiento máximo de 2.75 cm y con Cortante Basal de 359.50 Tn.
- Se determinó los Puntos de Desempeño Sísmico obtenidos para el Módulo V y VI de la I.E Hermanos Blanco mediante el Método del Espectro de Capacidad y Método de Los Coeficientes. Para el Módulo V se obtuvo mediante el método del Espectro de capacidad en el sentido "X" para la demanda de 43 años un  $\Delta_d = 1.17\text{cm}$  y  $V_{Basal} = 658.47\text{ Tn}$ , para 72 años un  $\Delta_d = 1.41\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 720.47\text{ Tn}$ ,

para 475 años un  $\Delta_d = 3.51\text{cm}$  y  $V_{Basal} = 927.59\text{ Tn}$  , para 975 años un  $\Delta_d = 4.70\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 995.37\text{ Tn}$ , para 1500 años un  $\Delta_d = 5.27\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 1020.69\text{ Tn}$  y para 2500 años no se obtuvo punto desempeño debido a que la demanda fue mayor a la capacidad de la estructura. En el sentido “Y” para la demanda de 43 años un  $\Delta_d = 1.25\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 658.44\text{ Tn}$ , para 72 años un  $\Delta_d = 1.53\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 720.83\text{ Tn}$ , para 475 años un  $\Delta_d = 3.68\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 628.30\text{ Tn}$ , para 975 años un  $\Delta_d = 5.45\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 995.92\text{ Tn}$ , para 15000 años un  $\Delta_d = 6.08\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 1011.84\text{ Tn}$  y para 2500 años no se obtuvo punto desempeño debido a que la demanda fue mayor a la capacidad de la estructura.

Para el módulo V por el método de los coeficientes se obtuvieron como punto de desempeño en el sentido “X” para la demanda de 43 años un  $\Delta_d = 1.04\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 599.80\text{Tn}$  , para 72 años un  $\Delta_d = 1.27\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 694.16\text{ Tn}$  ,para 475 años un  $\Delta_d = 2.51\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 853.85\text{ Tn}$  , para 975 años un  $\Delta_d = 2.88\text{ cm}$  y  $884.73\text{ Tn}$  , para 1500 años un  $\Delta_d = 3.64\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 936.50\text{ Tn}$  y para 2500 años un  $\Delta_d = 4.38\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 979.68\text{ Tn}$ . En el sentido “Y” para la demanda de 43 años un  $\Delta_d = 1.16\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 621.42\text{ Tn}$ , para 72 años un  $\Delta_d = 1.44\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 703.23\text{ Tn}$ , para 475 años un  $\Delta_d = 2.70\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 863.89\text{ Tn}$ , para 975 años  $\Delta_d = 3.09\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 894.28\text{ Tn}$ , para 15000 años un  $\Delta_d = 3.95\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 942.77\text{ Tn}$  y para 2500 años un  $\Delta_d = 4.99\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 982.76\text{ Tn}$ .

Para el Módulo VI se obtuvo mediante el método del Espectro de capacidad en el en sentido “X” para la demanda de 43 años un  $\Delta_d = 0.35\text{cm}$  y  $V_{Basal} = 215.81\text{ Tn}$ , para 72 años un  $\Delta_d = 0.45\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 236.18\text{ Tn}$ , para 475 años un  $\Delta_d = 0.98\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 311.72\text{ Tn}$  , para 975 años un  $\Delta_d = 1.21\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 324.92\text{ Tn}$ , para 15000 años un  $\Delta_d = 1.66\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 339.83\text{Tn}$  y para 2500 años un  $\Delta_d = 2.14\text{ cm}$  y  $V_{Basal} = 354.98\text{ Tn}$ . En el sentido “Y” para la demanda de 43 años un

$\Delta_d = 0.41$  cm y  $V_{Basal} = 215.81$  Tn, para 72 años un  $\Delta_d = 0.51$  cm y  $V_{Basal} = 235.66$  Tn, para 475 años un  $\Delta_d = 1.16$  cm y  $V_{Basal} = 309.22$  Tn, para 975 un  $\Delta_d = 1.50$  cm y  $V_{Basal} = 324.18$  Tn, para 15000 años un  $\Delta_d = 2.03$  cm y  $V_{Basal} = 339.32$  Tn y para 2500 años un  $\Delta_d = 2.56$  cm y  $V_{Basal} = 354.47$  Tn.

Para el módulo VI por el método de los coeficientes se obtuvieron como punto de desempeño en el sentido “X” para la demanda de 43 años un  $\Delta_d = 0.3244$  cm y  $V_{Basal} = 201.46$  Tn , para 72 años un  $\Delta_d = 0.37$  cm y  $V_{Basal} = 221.03$  Tn ,para 475 años un  $\Delta_d = 0.72$  cm y  $V_{Basal} = 289.54$  Tn , para 975 años un  $\Delta_d = 0.81$  cm y  $V_{Basal} = 296.71$  Tn , para 1500 años un  $\Delta_d = 1$  cm y  $V_{Basal} = 313.18$  Tn y para 2500 años un  $\Delta_d = 1.20$  cm y  $V_{Basal} = 324.94$  Tn. En el sentido “Y” para la demanda de 43 años un  $\Delta_d = 0.34$  cm y  $V_{Basal} = 201.46$  Tn, para 72 años un  $\Delta_d = 0.43$  cm y  $V_{Basal} = 221.58$  Tn, para 475 años un  $\Delta_d = 0.85$  cm y  $V_{Basal} = 284.75$  Tn, para 975 años un  $\Delta_d = 0.97$  cm y  $V_{Basal} = 295.11$  Tn, para 15000 años un  $\Delta_d = 1.22$  cm y  $V_{Basal} = 312.80$  Tn y para 2500 años un  $\Delta_d = 1.50$  cm y  $V_{Basal} = 324.30$  Tn.

- Se determinó los niveles de desempeño para cada una de las demandas Sísmicas en función a los Objetivos de Desempeño para estructuras esenciales (Figura 35) de los Módulos V y VI de la I.E Hermanos Blanco por lo que se obtuvo que para el método del Espectro Capacidad del Módulo V en la dirección “X” las demandas sísmicas de Periodo de Retorno de 43, 72, 475 y 975 años no cumplen con sus Niveles de Desempeño Sísmico quedando en situación (operacional, seguridad de vida) mientras que para un Periodo de 1500 si cumple quedando en nivel de Prevención de Colapso y para la Demanda de 2500 años no se obtuvo punto de desempeño debido que la demanda supera a la capacidad de la estructura. Para el sentido “Y” solo cumplen con sus niveles de desempeño la demanda Sísmica de Periodo de Retorno de 43 años y 1500 años quedando en prevención de colapso como se observa en la Tabla 39. Para el Módulo VI por el



Método del Espectro de Capacidad en la dirección “X” se obtuvo que, si cumple sus niveles de desempeño para las demandas de 43, 975, 1500 y 2500 años quedando en situación (totalmente operacional, seguridad de vida, prevención de colapso) mientras que para la demanda de 72 y 475 años no cumplen con sus niveles de desempeño sísmico quedando en estado operacional y seguridad de vida. Para la dirección “Y” Si cumplen sus niveles de desempeño para la demanda de 43, 975, 1500 y 2500 años quedando en situación (totalmente operacional, seguridad de vida, prevención de colapso), mientras para la demanda sísmica de 72 y 475 años no cumplen con sus Niveles de Desempeño sísmico quedando en estado operacional y seguridad de vida como se observa en la Tabla 38.

Para el método de Los Coeficientes del Módulo V en la dirección “X” si cumplen con sus Niveles de Desempeño Sísmico para las demandas de 975,1500 y 2500 años quedando en situación( seguridad de vida, prevención de colapso) mientras que para las demandas de 43,72 y 475 no cumplen con sus Niveles de Desempeño Sísmico quedando en estado operacional y seguridad de vida , mientras en la dirección “Y” si cumple con sus Niveles de Desempeño Sísmico para las demandas Sísmica de 43, 475, 975, 1500 y 2500 años quedando en situación (totalmente opeacional,operacional,seguridad de vida, prevención de colapso) mientras para la demanda sísmica de 72 año no cumple con su nivel de desempeño quedando en estado operacional como se observa en la Tabla 41. Para el Módulo VI para ambas direcciones cumplen con sus Niveles de Desempeño para las demandas Sísmica de 43, 475, 975, 1500 y 2500 años quedando en situación (totalmente operacional, operacional, seguridad de vida) mientras para las Demanda Sísmica de 72 años no cumple con su nivel de desempeño quedando en estado operacional como se observa en la Tabla 40.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mediante esta investigación que es de suma importancia incentivar al uso de herramientas actuales , métodos basados en la filosofía del diseño sismorresistente y Desempeño sísmico de Estructuras para la revisión y verificación del correcto diseño , comportamiento y cumplimiento de los objetivos básico del desempeño sísmico para nuestros proyecto o evaluación de una edificación existente , de esta forma nos permite conocer de una forma mas cercana a la realidad del comportamiento de las estructuras y tomar las decisiones más correcta para la protección o rediseño de nuestras edificaciones o sobre todo aquellos catalogadas de categoría esencial y que ante situaciones de un sismo muy severo estas pueden permanecer operativas después del evento sísmico y permitiendo algunos leves daños que no comprometan la seguridad integral estructural y la vida de las personas que ocupan el establecimiento.
- Se recomienda también verificar los chequeos por columna fuerte y viga débil de nuestras edificaciones ya que esto nos permitirá realizar correcciones en un diseño preliminar evitando comprometer el posible fallo de columnas antes que las vigas , por lo que se espera mediante un análisis no lineal que las columnas tenga mejor resistencia y rigidez y las vigas generen mayor ductilidad , incursionando en el rango no lineal , esperando que se desarrollen las articulaciones plásticas en sus extremos antes que las columnas ya que ellas tienen mejor comportamiento dúctil que las columnas, ya que las columnas no generan una baja ductilidad ductilidad debido a la carga axial que se encuentra sujeto por el peso de la edificación.
- Se recomienda que para un mejor complemento para el análisis de una edificación ya se aquella que parte de un diseño o de una edificación existente , que se realice un análisis dinámico no lineal de estructuras,

este método nos permitirá tener una mayor precisión del comportamiento real de la estructura debido que se analizara con registros sísmicos históricos que deben ser escalados con una alta precisión y criterio debido que son sensibles los datos y pueda en vez de genera un complemento útil pueda no tener concordancia los resultados obtenidos del análisis , además es importante contar un equipo y software que sea capaz de análisis una gran cantidad de datos y pueden procesarlo de la manera más correcta y obtener los resultados esperados. Hoy en día es aplicado este método para poder análisis edificaciones muy importante en donde el cliente busca tener un objetivo de desempeño esperado y evitar poder tener en un futuro gastos adicionales en reparaciones o en todo caso también busca optimizar su proyecto y generar un gasto económico más razonable, prever daños y continuidad de su estructura ante solicitaciones sísmicas severas.

## REFERENCIAS

- OTTAZZI, Gianfranco. Diseño de concreto armado. 1.<sup>a</sup>ed. Capítulo Peruano ACI.2006,500 pp.

Nro. de registro: 33291

- Applied Technology Council. ATC-40, del 96. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings – State of California (USA), 1996.
- SEAOC Vision 2000 Committe. Performance Based Seismic Engineering of Buildings. California: Structural Engineers Association of California, 1995.
- American Society of Civil Engineers.ASCE 41-13 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings- Virginia (USA), 2014. 518 pp.
- Federal Emergency Management Agency. FEMA 356. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings – Virginia (USA), 2000. 490 pp.
- Federal Emergency Management Agency. FEMA 440. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures – California (USA), 2005. 364 pp.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. Estructuras E-030, del 2018: Diseño Sismorresistente. Lima – Peru,77 pp.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. Estructuras E-020, del 2018: norma de Cargas. Lima – Peru,77 pp.
- ALCANTARA Méndez, Kelly y NALVARTE Gurmendi, Carlos. Desempeño Estructural Aplicando la Norma ATC-40 para el Reforzamiento del Pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de salud del Niño (Breña – Lima). Tesis (Para optar el Título de Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2016. 110 pp.
- ESTEBA Apaza, Abel. Análisis Estático y Dinámico Lineal en el Desempeño de un desempeño de Concreto armado Diseñado Bajo la Norma E-030 en Puno. (Para obtener el Título de Profesional de Ingeniero Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. 210 pp.
- VERGARA Luna Victoria, Alberto y ZEVALLOS Esquivel, Mario. Análisis sísmico por desempeño estático no lineal de un edificio de un edificio de 6

niveles en la ciudad de Trujillo, la libertad. (Para obtener el Título de Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.2014 pp.

- CALCINA Peña, Ramón. Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizados análisis estático y dinámico no lineal. Para obtener el Título de Profesional de Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2017.117 pp.
- INTOR Villtty, Kharilin y MARTOS Ramírez, Carlos. Desempeño Sísmico del Módulo “A” de la I.E. San Ramón en la Ciudad de Cajamarca – 2017. (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2017. 173 pp.
- CHOQUE Sucasaca, Johanny y LUQUE Solis, Edward. Análisis Estático no Lineal y Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio de 8 Niveles Diseñado con la Norma E.030. (Tesis Para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019. 349 pp.
- JURADO Guerra, Carlos y MENDOZA Quintana Mijail. Desempeño sísmico de un edificio aportico de 5 pisos diseñado con el reglamento Nacional de edificaciones, pero aceptando una deriva máxima de 1%. (Para obtener el Título de Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú,2012.99 pp.
- PERALTA Álvarez, Máximo. Análisis estático no lineal y análisis dinámico no lineal del hospital Vielha. Para obtener el grado de master en ingeniería del terreno e ingeniería sísmica). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña,2012.89 pp.
- Whitney, C. S. Design of Reinforced Concrete Members under Flexure or Combined Flexure and Direct, (1937).
- FLORES Jaimes, Gean. Desempeño Sísmico de un Edificio de concreto armado ubicado en el Jr. Manuel Ruiz Mz.32 Lt.10-10a-1a-Distrito de Chimbote-2018. (Para obtener el título Profesional de ingeniero Civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo,2018.218 pp.
- CARPIO Diaz, Bruno. Análisis Comparativo de una edificación aporticada con y sin aislación Sísmica mediante el método Estático No lineal -Caso Hospital Pichanaqui, Junín en el 2017(Para obtener el título Profesional de ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo,2017.150 pp.

- SANCHEZ Escudero, Víctor y VARGAS Sánchez, Romel. Análisis y Diseño de Edificios de Concreto Armado considerando la rigidez efectiva de sus elementos estructurales. (Para optar el título Profesional de ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2018. 166 pp.
- MORALES Roberto. Diseño en Concreto Armado. 3ra ed. ICG, 2013. 334 pp.
- ESCARRACHI Cruzado, Luis. Diseño Sísmico por Desempeño para una edificación de uso Multifamiliar. (Para optar el título Profesional de ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010. 88 pp.
- AURIS Romero, Mary. Análisis del Desempeño Sísmico en Estructuras de Instituciones Educativas del Sector de Azapampa, Distrito de Chilca, Huancayo-2016. (Para optar el título Profesional de ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Peruana de los Andes, 2017. 180 pp.
- FUENTES RIBERA Silva, Norman. Desempeño Sísmico de un Edificio de 5 niveles de Concreto armado mediante el Análisis Estático No Lineal "Pushover". (Para optar el título Profesional de ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018. 153 pp.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

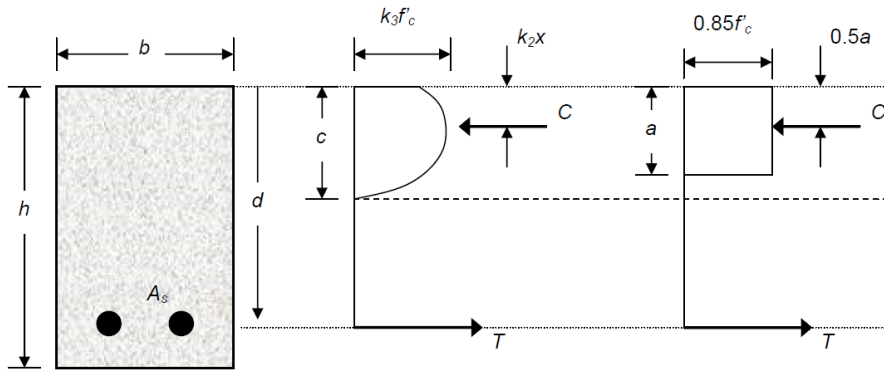
VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Desempeño Sísmico</b>	Análisis más cercano a la realidad del comportamiento que tendrá una edificación ante una acción sísmica de tal magnitud para evaluar la hipótesis establecida durante el diseño de una estructura si son válidas, cumplimientos de sus objetivos y filosofía sismorresistente dependiendo de sismo analizado y la importancia de la edificación.	El desempeño sísmico es obtenido mediante la aplicación de los métodos establecidos en las normas internacionales como el ATC-40, FEMA y sus modificaciones, sectorizando los niveles de desempeño para cada nivel de demanda sísmica para esto se realizarán en el programa ETABS y SAP 2000.	<b>Niveles de desempeño</b>	Totalmente operacional	Ordinal
				Operacional	
				Salvaguardar vida	
				Prevención del colapso	
			<b>Niveles de demanda sísmica</b>	frecuente	
				ocasional	
				raro	
				Muy raro	
				extremo	
				Muy extremo	
<b>Análisis estático no lineal</b>	Método de análisis no lineal que consiste en llevar a colapso a la estructura ya diseñada mediante un patrón de cargas laterales incrementales para lograr construir la curva de capacidad e identificación de formación de rotulas plásticas en los elementos estructurales.	Aplicación del método de análisis estático no lineal mediante el software ETABS y SAP 2000	<b>Curva de capacidad</b>	Cortante basal (toneladas)	Continua
				Desplazamientos (centímetros)	
			<b>Rótulas plásticas</b>	Inmediata ocupación	
				Salvaguardar vida	
				Prevención de colapso	

Fuente: Elaboración propia



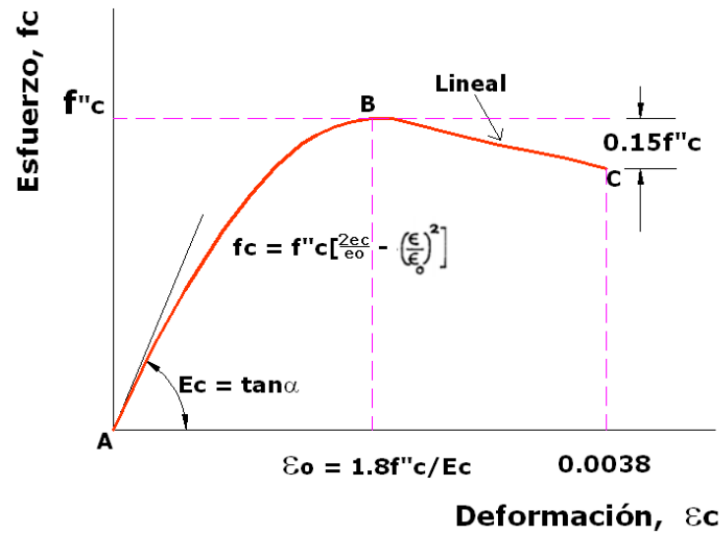
## **ANEXOS 2: FIGURAS RELACIONADAS AL MARCO TEORICO**

### Modelo de Whitney



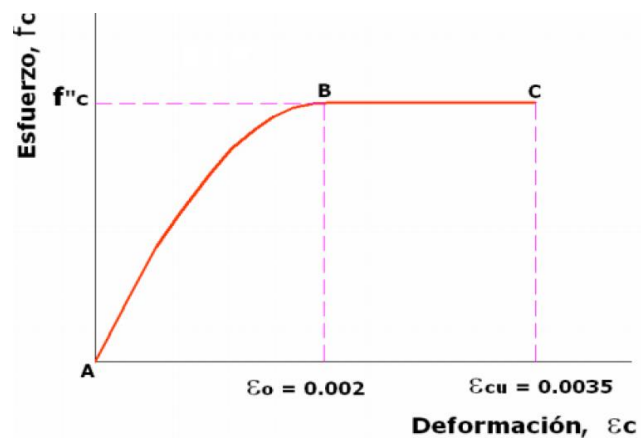
Fuente: Whitney, C.S (1937)

### Modelo de Hognestad



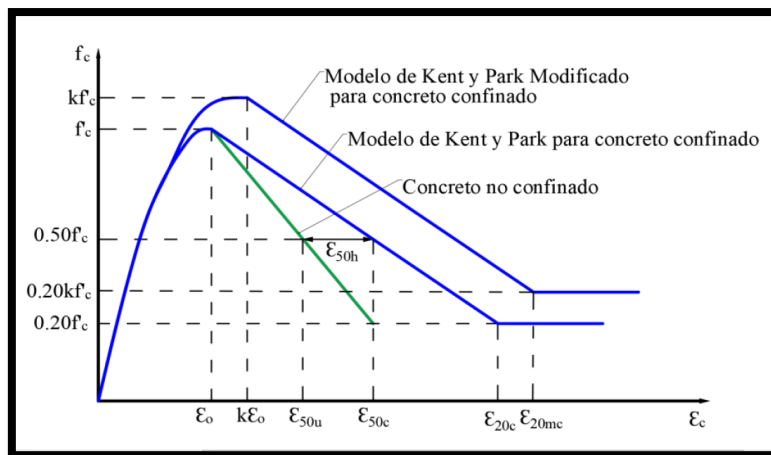
Fuente: Flores, 2018, pág. 23

### Modelo del CEB



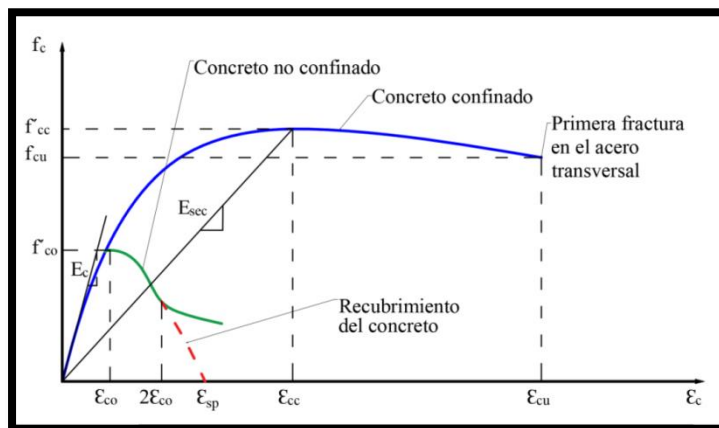
Fuente: Esteba, 2017, pág. 44

### Modelo de Kent y Park



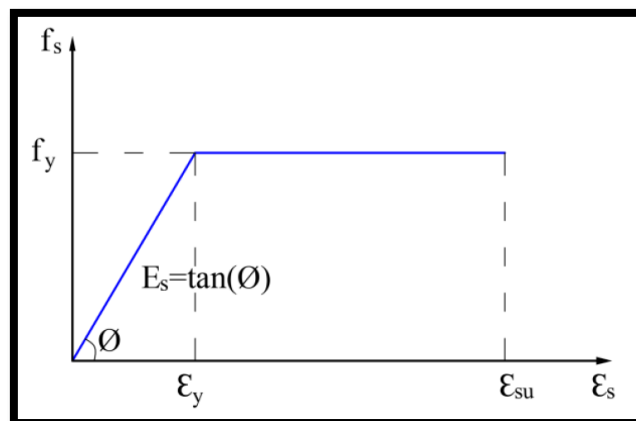
Fuente: Choque y Luque, 2019, pag.37

### Modelo Mander et



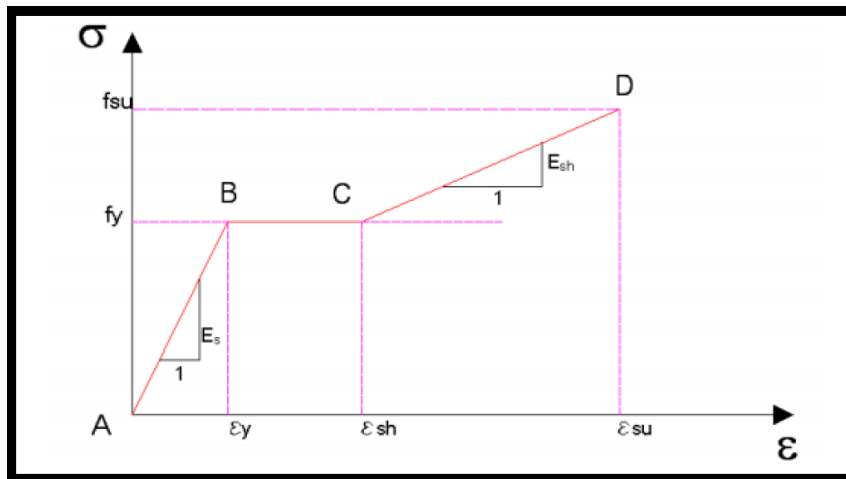
Fuente: Choque y Luque, 2019, p. 37

### Modelo Elastoplastico



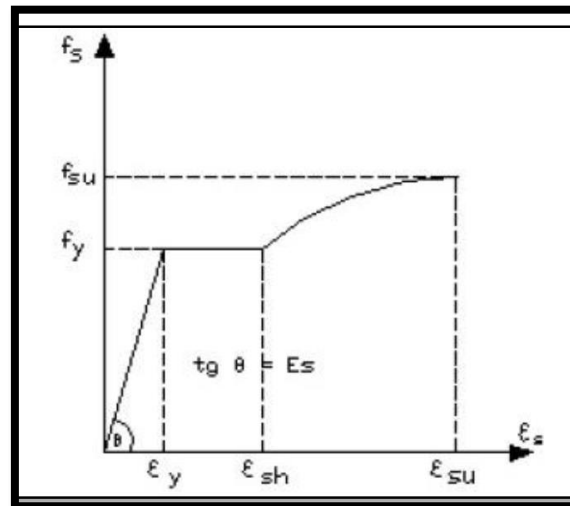
Fuente: Choque y Luque, 2019, p. 33

### Modelo Trilineal



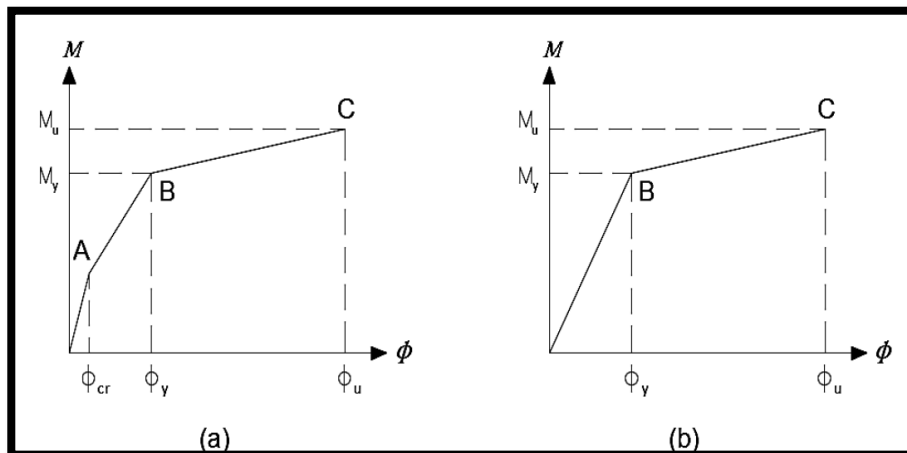
Fuente: Esteba, 2017, p. 42

### Modelo de la Curva Completa



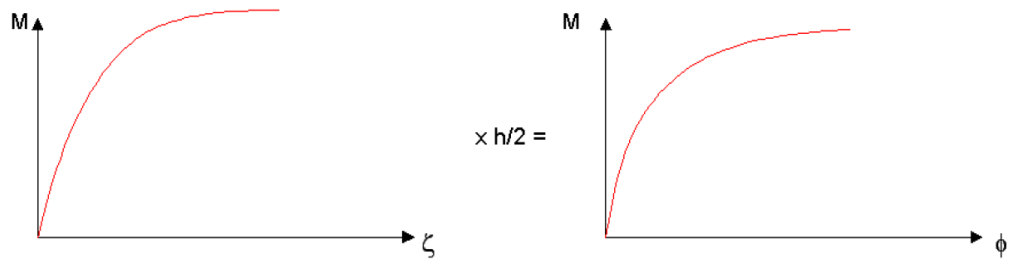
Fuente: Carpio, 2017, p. 20

### Diagrama Momento - Curvatura



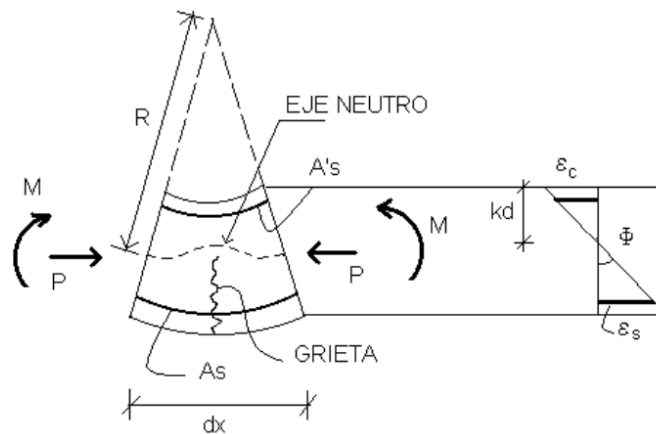
Fuente: Sánchez y Vargas, 2018, pág. 20

### Diagrama Momento - Giro



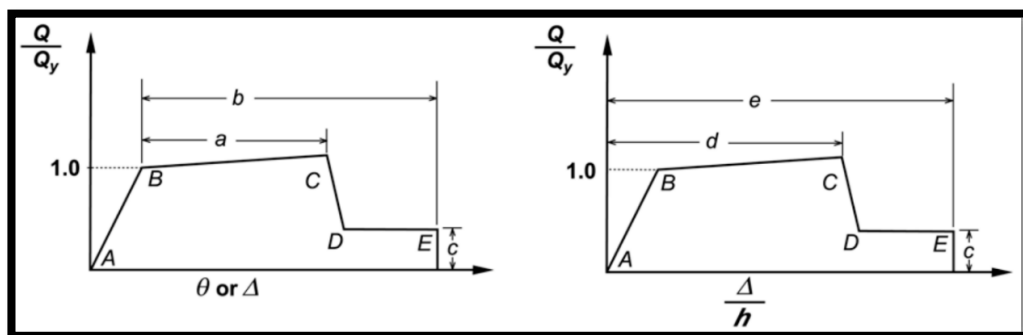
Fuente: Jurado y Mendoza, 2012, pag. 22

### Rotación de un elemento



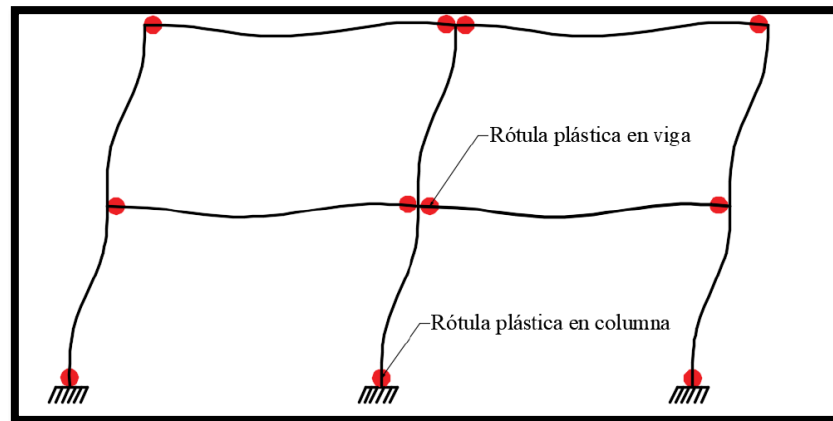
Fuente: Otazzi, 2004, pag. 97

### Relaciones generalizadas fuerza – deformación



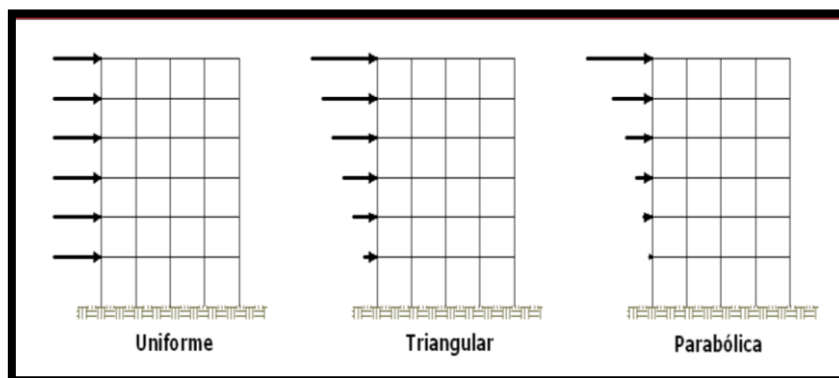
Fuente: (ASCE/SEI 41-13, 2014)

## Modelamiento ideal de rótulas plásticas en un pórtico



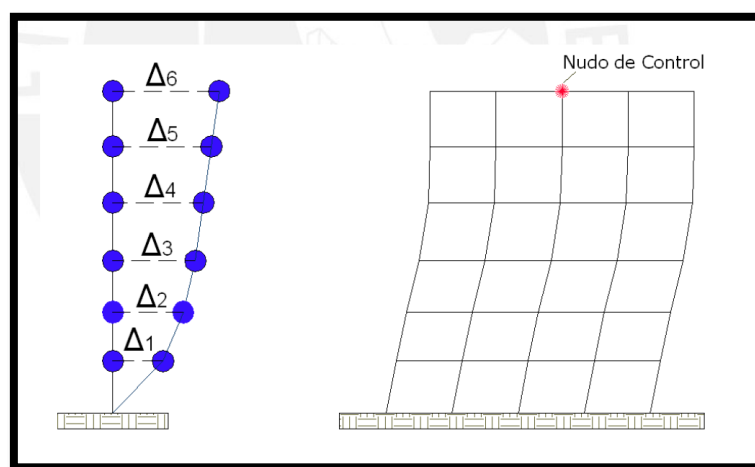
Fuente: Choque y Luque, 2019, p.45

## Distribución de cargas distribuidas



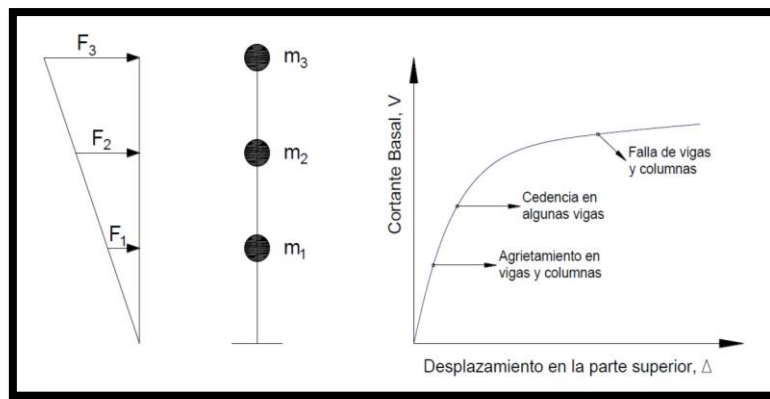
Fuente: Jurado y Mendoza, 2012, p. 26

## Desplazamiento máximo asignado y nudo de control



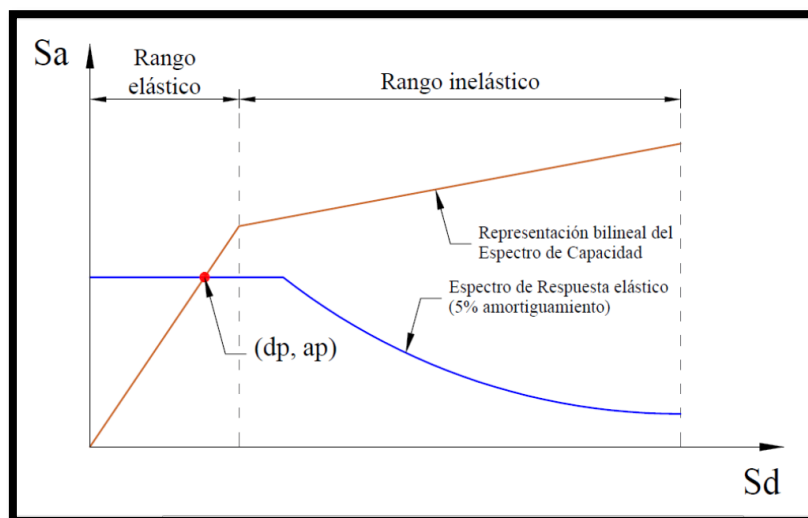
Fuente: Jurado y Mendoza, 2012, p. 26

## Representación del proceso del análisis pushover



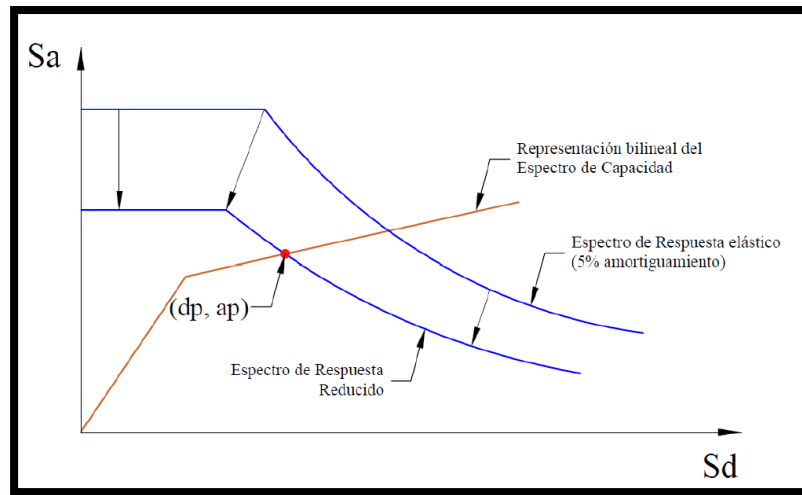
Fuente: Intor y Martos, 2017, p. 41

## Respuesta Elástica de Estructuras



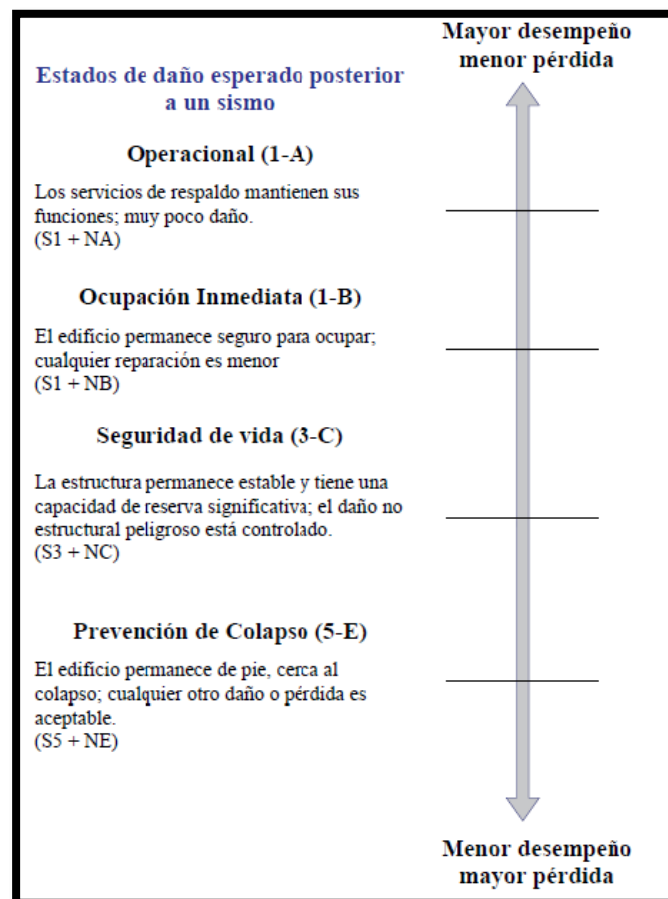
Fuente: Choque y Luque, 2019, p. 31

## Respuesta inelástica de Estructuras



Fuente: Choque y Luque, 2019, P. 31

## Niveles de Desempeño de una Edificación



Fuente: Choque y Luque, 2019, pág. 21



### Niveles de Desempeños para Estructuras Convencionales

<i>Nivel del movimiento del terreno</i>	<i>Nivel de desempeño de la edificación</i>			
	<i>Operacional</i>	<i>Inmediata Ocupación</i>	<i>Seguridad Vital</i>	<i>Estabilidad Estructural</i>
<i>Servicio (SS)</i>				
<i>Diseño (SD)</i>			X	
<i>Máximo (SM)</i>				X

Fuente: ATC 40, 1996

**ANEXO 3: ESTRUCTURACIÓN Y PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS NO  
LINEAL DE LOS MÓDULOS V y VI**

## Secciones y Áreas de Acero de los Elementos Estructurales del Módulo VI

### Propiedades de la Viga Principal del eje A

**General Data**

Property Name: VP 30X65 A

Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 65 cm

Width: 30 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK Cancel

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: ETABS 2018

### Datos de Refuerzo de la sección de la viga del eje A

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 7 cm

Bottom Bars: 7 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 7.92 cm²

Top Bars at J-End: 7.92 cm²

Bottom Bars at I-End: 5.94 cm²

Bottom Bars at J-End: 5.94 cm²

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Viga Principal del eje B-C-D-E

**General Data**

Property Name: VP 30X65 B-C-D-E

Material:  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 65 cm

Width: 30 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK Cancel

Show Section Properties...

Fuente: ETABS 2018

## Datos de Refuerzo de la sección de la viga del eje B-C-D-E

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars:  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Confinement Bars (Ties):  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 7 cm

Bottom Bars: 7 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 10.46  $\text{cm}^2$

Top Bars at J-End: 10.46  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at I-End: 5.94  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at J-End: 5.94  $\text{cm}^2$

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Viga Secundaria del eje 2

**General Data**

Property Name: VS102 30X65 (A-B)

Material:  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 65 cm

Width: 30 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Fuente: ETABS 2018

## Datos de Refuerzo de la sección de la viga del eje 2

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars:  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Confinement Bars (Ties):  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 7 cm

Bottom Bars: 7 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 5.94  $\text{cm}^2$

Top Bars at J-End: 5.94  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at I-End: 5.94  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at J-End: 5.94  $\text{cm}^2$

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

### Propiedades de la Viga Secundaria del eje 3

**General Data**

Property Name: VS101 30X50 (A-B)

Material:  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 50 cm

Width: 30 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

The diagram on the right shows a rectangular beam section with a vertical axis labeled '2' and a horizontal axis labeled '3'.

Fuente: ETABS 2018

### Datos de Refuerzo de la sección de la viga del eje 3

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars:  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Confinement Bars (Ties):  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 7 cm

Bottom Bars: 7 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 5.94  $\text{cm}^2$

Top Bars at J-End: 5.94  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at I-End: 5.94  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at J-End: 5.94  $\text{cm}^2$

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Columna en L

**General Data**

Property Name: nuevo SD L

Base Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Design Type**

☐ No Check/Design      ☐ General Steel Section

☒ Concrete Column      ☐ Composite Column

**Concrete Column Check/Design**

☒ Reinforcement to be Checked

☐ Reinforcement to be Designed

**Define/Edit/Show Section**

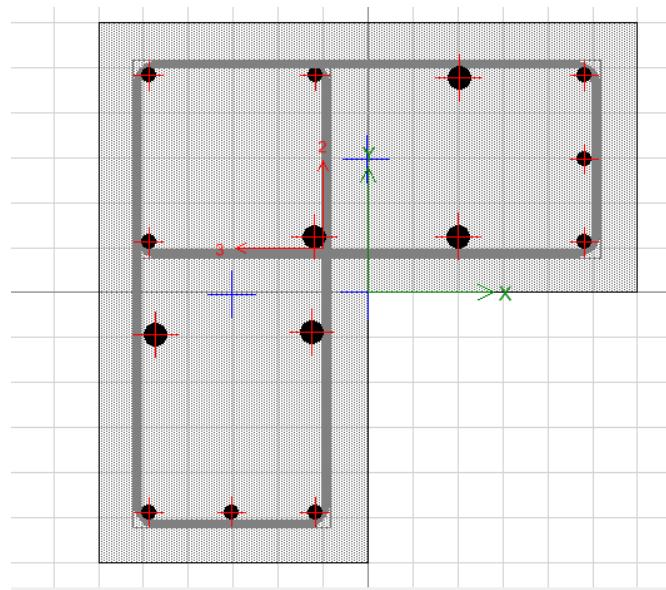
Section Designer...

**Section Properties**      **Property Modifiers**

Properties...      Set Modifiers...

Fuente: ETABS 2018

## Sección de la columna en L



Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Columna en T

**General Data**

Property Name: nuevo T SD

Base Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Design Type**

☐ No Check/Design ☐ General Steel Section

☒ Concrete Column ☐ Composite Column

**Concrete Column Check/Design**

☒ Reinforcement to be Checked

☐ Reinforcement to be Designed

**Define/Edit/Show Section**

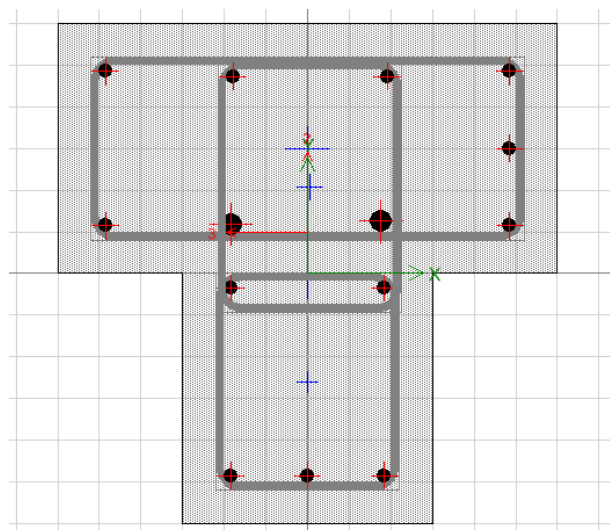
Section Designer...

**Section Properties** **Property Modifiers**

Properties... Set Modifiers...

Fuente: ETABS 2018

## Sección de la columna en L



Fuente: ETABS 2018



## Secciones y Áreas de Acero de los Elementos Estructurales del Módulo V

### Propiedades de la Viga Principal del eje A

**General Data**

Property Name: VP-P1 30X65 A

Material:  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 65 cm

Width: 30 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: ETABS 2018

### Datos de Refuerzo de la sección de la viga del eje A

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars:  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Confinement Bars (Ties):  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 23.91  $\text{cm}^2$

Top Bars at J-End: 23.91  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at I-End: 21.93  $\text{cm}^2$

Bottom Bars at J-End: 21.93  $\text{cm}^2$

Fuente: ETABS 2018

### Propiedades de la Viga Principal del eje G

**General Data**

Property Name: VP-P2 30X65 G

Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 65 cm

Width: 30 cm

Show Section Properties...

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

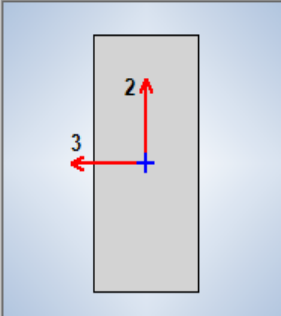
**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel



Fuente: ETABS 2018

### Datos de Refuerzo de la sección de la viga del eje G

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 19.08 cm<sup>2</sup>

Top Bars at J-End: 19.08 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End: 17.1 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End: 17.1 cm<sup>2</sup>

Fuente: ETABS 2018

### Propiedades de la Viga Principal del eje F

**General Data**

Property Name: VP-P3 30X65 F

Material: Fe= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 65 cm

Width: 30 cm

Show Section Properties...

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

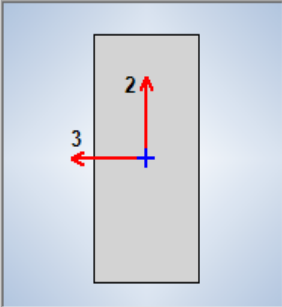
**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel



Fuente: ETABS 2018

### Datos de Refuerzo de la sección de la viga del eje F

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 10.53 cm<sup>2</sup>

Top Bars at J-End: 10.53 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End: 5.7 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End: 5.7 cm<sup>2</sup>

OK  
Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Viga Secundaria del primer piso - eje 5

**General Data**

Property Name: VS 30X50 P1-5

Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 50 cm

Width: 30 cm

Show Section Properties...

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

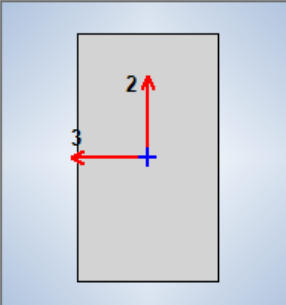
**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel



Fuente: ETABS 2018

## Datos de Refuerzo de la sección de la viga secundaria del primer piso - eje 5

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 10.53 cm<sup>2</sup>

Top Bars at J-End: 10.53 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End: 8.55 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End: 8.55 cm<sup>2</sup>

OK  
Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Viga Secundaria del primer piso – eje 2

**General Data**

Property Name: VS 30X50 P1 -1

Material: F<sub>c</sub>= 210kg/cm<sup>2</sup>

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 50 cm

Width: 30 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Refuerzo de la sección de la viga secundaria del primer piso – eje 2

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: F<sub>y</sub>= 4200kg/cm<sup>2</sup>

Confinement Bars (Ties): F<sub>y</sub>= 4200kg/cm<sup>2</sup>

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 10.53 cm<sup>2</sup>

Top Bars at J-End: 10.53 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End: 8.55 cm<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End: 8.55 cm<sup>2</sup>

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Viga Secundaria del segundo piso – eje 5

**General Data**

Property Name: VS 30X50 P2 -5

Material: Fe= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 50 cm

Width: 30 cm

Show Section Properties...

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Refuerzo de la sección de la viga secundaria del segundo piso – eje 5

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 10.53 cm²

Top Bars at J-End: 10.53 cm²

Bottom Bars at I-End: 8.55 cm²

Bottom Bars at J-End: 8.55 cm²

OK  
Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Viga Secundaria del segundo piso – eje 2

**General Data**

Property Name: VS 30X50 P2 -1

Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 50 cm

Width: 30 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Show Section Properties...

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: ETABS 2018

## Refuerzo de la sección de la viga secundaria del segundo piso – eje 2

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 10.53 cm²

Top Bars at J-End: 10.53 cm²

Bottom Bars at I-End: 8.55 cm²

Bottom Bars at J-End: 8.55 cm²

OK

Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Viga Secundaria del tercer piso – eje 5

**General Data**

Property Name: VS 30X50 P-3 -5

Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 50 cm

Width: 30 cm

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Include Automatic Rigid Zone Area Over Column**

Show Section Properties...

OK  
Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Refuerzo de la sección de la viga secundaria del tercer piso – eje 5

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 7.92 cm²

Top Bars at J-End: 7.92 cm²

Bottom Bars at I-End: 5.94 cm²

Bottom Bars at J-End: 5.94 cm²

OK  
Cancel

Fuente: ETABS 2018



## Propiedades de la Viga Secundaria del tercer piso – eje 2

**General Data**

Property Name: VS 30X70 P3-1

Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 70 cm

Width: 30 cm

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Include Automatic Rigid Zone Area Over Column**

OK  
Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Refuerzo de la sección de la viga secundaria del tercer piso – eje 2

**Design Type**

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy= 4200kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy= 4200kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 8.55 cm²

Top Bars at J-End: 8.55 cm²

Bottom Bars at I-End: 8.55 cm²

Bottom Bars at J-End: 8.55 cm²

OK  
Cancel

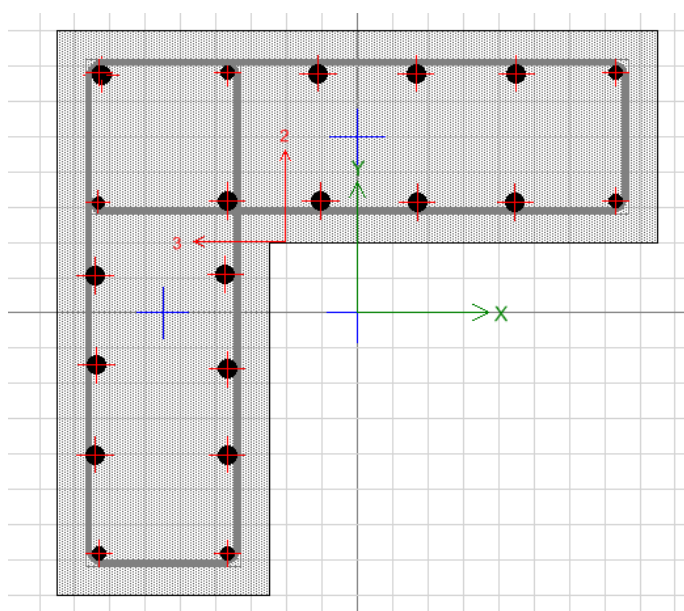
Fuente: ETABS 201

## Propiedades de la Columna en L

The screenshot shows the 'Section Designer Section Property Data' dialog box. It is divided into several sections: 'General Data' with fields for Property Name (CL DIS), Base Material (Fc= 210kg/cm2), Notional Size Data (Modify/Show Notional Size...), Display Color (a green color swatch), and Notes (Modify/Show Notes...); 'Design Type' with radio buttons for No Check/Design, Concrete Column (selected), General Steel Section, and Composite Column; 'Concrete Column Check/Design' with radio buttons for Reinforcement to be Checked (selected) and Reinforcement to be Designed; 'Define/Edit/Show Section' with a button for Section Designer...; 'Section Properties' with a button for Properties...; and 'Property Modifiers' with a button for Set Modifiers... At the bottom are OK and Cancel buttons.

Fuente: ETABS 2018

## Sección de la columna en L



Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Columna en T

ET Section Designer Section Property Data

**General Data**

Property Name: CT DIS

Base Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: [Yellow] Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Design Type**

☐ No Check/Design ☐ General Steel Section

☒ Concrete Column ☐ Composite Column

**Concrete Column Check/Design**

☒ Reinforcement to be Checked

☐ Reinforcement to be Designed

**Define/Edit/Show Section**

Section Designer...

**Section Properties**

Properties...

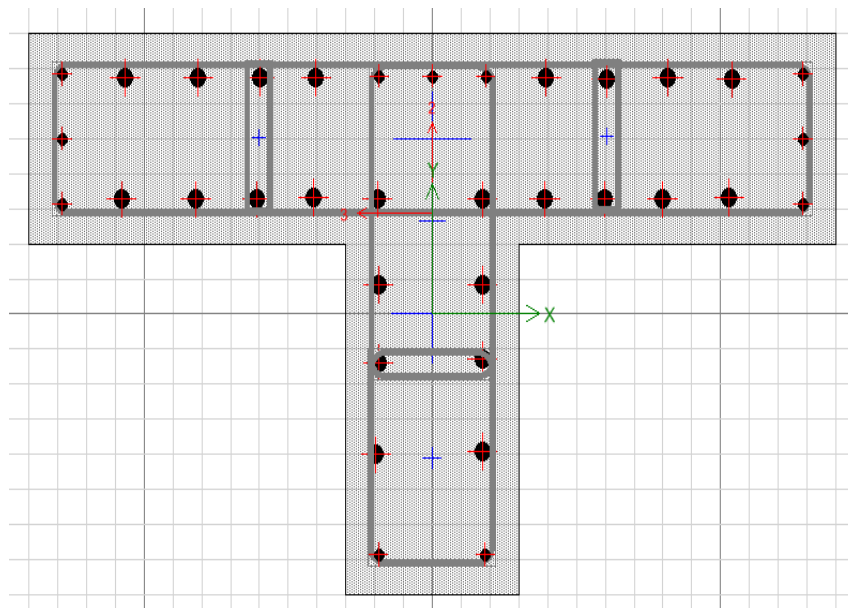
**Property Modifiers**

Set Modifiers...

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Sección de la columna en T



Fuente: ETABS 2018

## Propiedades de la Placa

**General Data**

Property Name: PL-1 e=30cm

Property Type: Specified

Wall Material: Fc= 210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color:   Change...

Property Notes: Modify/Show...

**Property Data**

Thickness: 30 cm

☒ Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Refuerzos de la placa

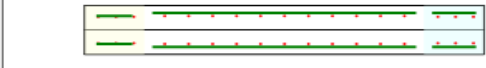
**Rebar Material**

Material Flexure: Fy= 4200kg/cm2

Material Shear: Fy= 4200kg/cm2

Bar Clear Cover: 6 cm

**Layout**



**Geometry**

Start X (cm)	Start Y (cm)	End X (cm)	End Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	Start Zone Size (cm)	End Zone Size (cm)
2460	497.5	2460	697.5	200	30	30	30

**Reinforcement**

**Flexural Detail - Each Face**

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Number of Bars
Start	5/8"		3
Center	1/2"	12	11
End	5/8"		3

**Shear/Confinement Detail**

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Confined
Start	3/8"	10	Yes
Center	3/8"	15	No
End	3/8"	10	Yes

**Flexural Detail (Additional Individual Bars)**

Material	Distance (cm)	Area (cm2)
*		

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Parámetros para el Modelado No Lineal de las Estructuras

### Parámetros No Lineales del Concreto de los Módulos V y VI

The dialog box is titled "Material Name and Type" and "Miscellaneous Parameters". It contains several sections for defining material properties:

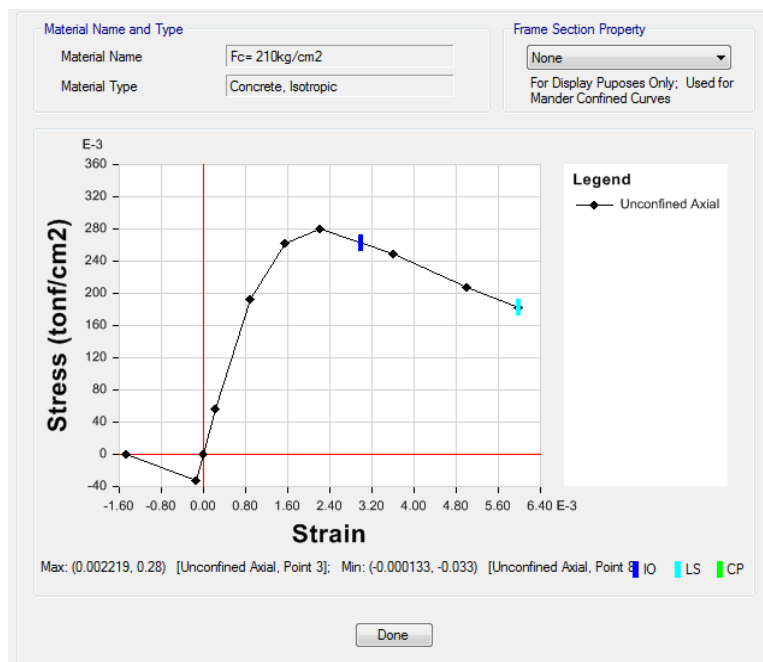
- Material Name and Type:** Material Name:  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Material Type: Concrete, Isotropic.
- Acceptance Criteria Strains:** A table with columns for Tension and Compression, and rows for IO, LS, and CP. Values are in cm/cm.
- Miscellaneous Parameters:** Hysteresis Type: Concrete, Friction Angle: 0 deg, Dilatational Angle: 0 deg.
- Stress Strain Curve Definition Options:** Parametric (selected), Mander (selected), Convert to User Defined.
- Parametric Strain Data:** Strain at Unconfined Compressive Strength,  $f'_c$ : 0.002219, Ultimate Unconfined Strain Capacity: 0.005, Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1.

Buttons: Show Stress-Strain Plot..., OK, Cancel.

	Tension	Compression	Unit
IO	0.01	-0.003	cm/cm
LS	0.02	-0.006	cm/cm
CP	0.05	-0.015	cm/cm

Fuente: ETABS 2018

### Grafico Esfuerzo – Deformación del Concreto de los Módulos V y VI



Fuente: ETABS 2018

## Parámetros No Lineales del Acero de los Módulos V y VI

**Material Name and Type**

Material Name:

Material Type:

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type:

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
IO	<input type="text" value="0.01"/>	<input type="text" value="-0.005"/>	cm/cm
LS	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="-0.01"/>	cm/cm
CP	<input type="text" value="0.05"/>	<input type="text" value="-0.02"/>	cm/cm

**Stress Strain Curve Definition Options**

☒ Parametric

or Defined

**Parametric Strain Data**

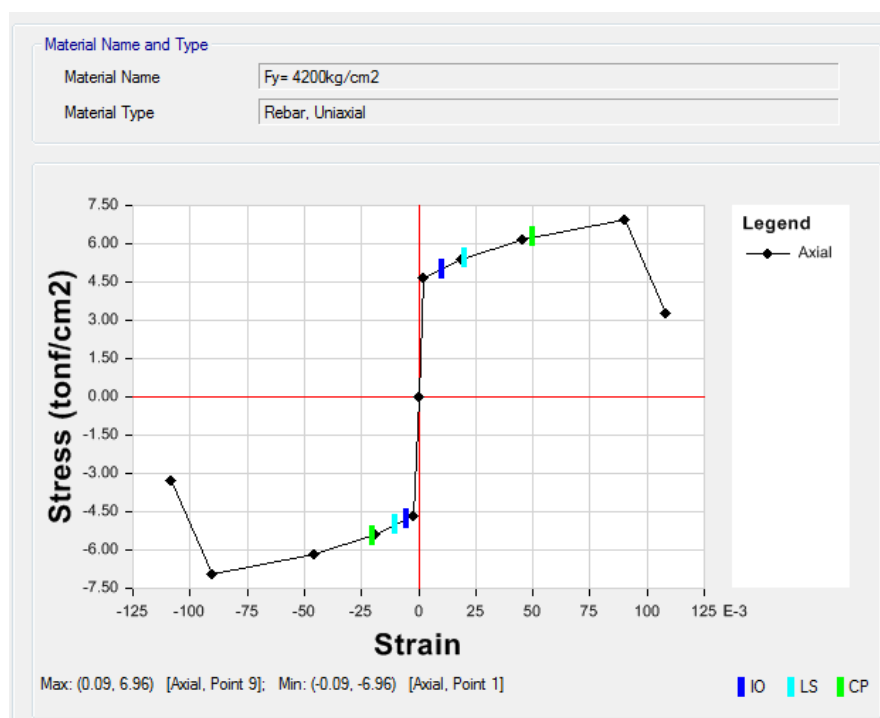
Strain at Onset of Strain Hardening:

Ultimate Strain Capacity:

Final Slope (Multiplier on E):

Fuente: ETABS 2018

## Grafico Esfuerzo – Deformación del Concreto de los Módulos V y VI



Fuente: ETABS 2018

## Factores de Masa Sísmica del Módulo VI

Mass Source Name: PESO

**Mass Source**

- ☒ Element Self Mass
- ☒ Additional Mass
- ☒ Specified Load Patterns
- ☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
  - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
  - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

**Mass Multipliers for Load Patterns**

Load Pattern	Multiplier
TECHO	0.25
TECHO	0.25
SD	1

**Mass Options**

- ☒ Include Lateral Mass
- ☐ Include Vertical Mass
- ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

Fuente: ETABS 2018

## Factores de Masa Sísmica del Módulo V

Mass Source Name: PESO

**Mass Source**

- ☒ Element Self Mass
- ☒ Additional Mass
- ☒ Specified Load Patterns
- ☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
  - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
  - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

**Mass Multipliers for Load Patterns**

Load Pattern	Multiplier
Live	0.5
Live	0.5
TECHO	0.25
SD	1

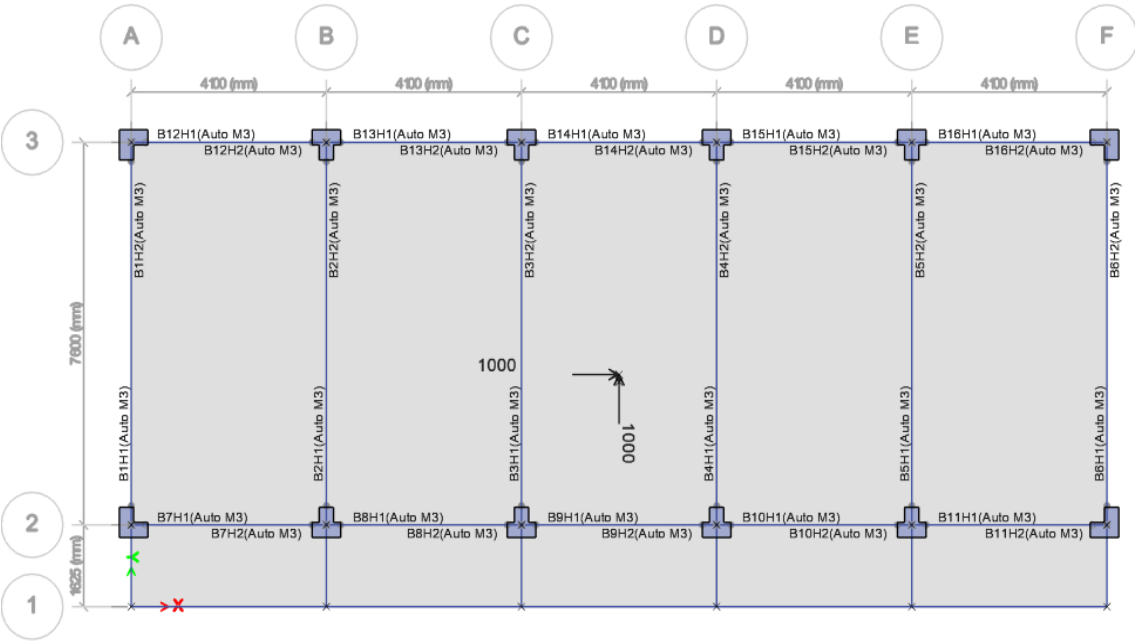
**Mass Options**

- ☒ Include Lateral Mass
- ☐ Include Vertical Mass
- ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

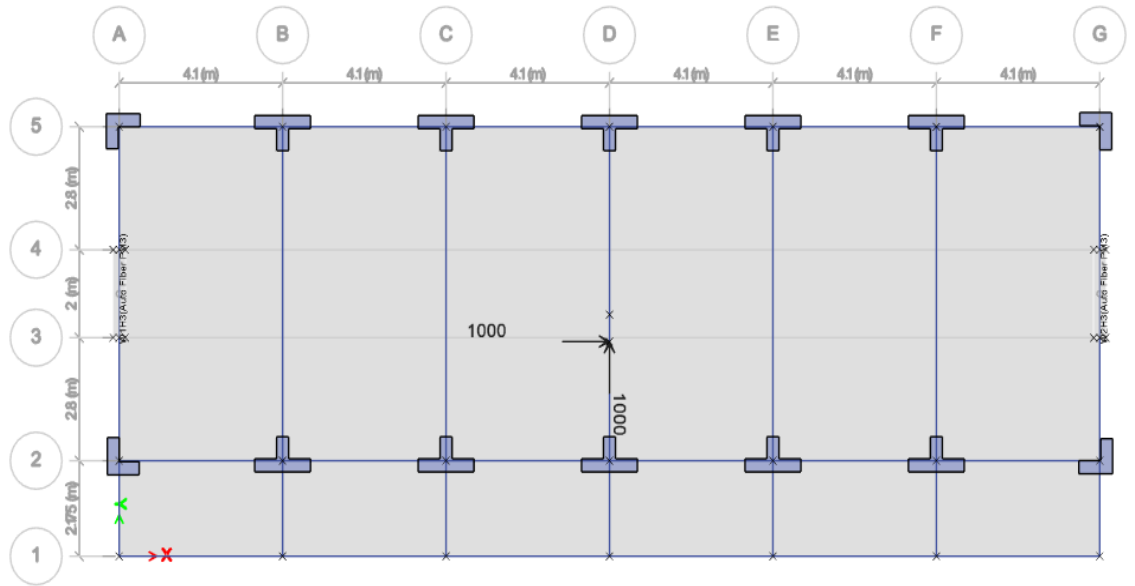
Fuente: ETABS 2018

Asignación de Cargas Laterales Pushover en el Centro de Masas del Módulo VI



Fuente: ETABS 2018

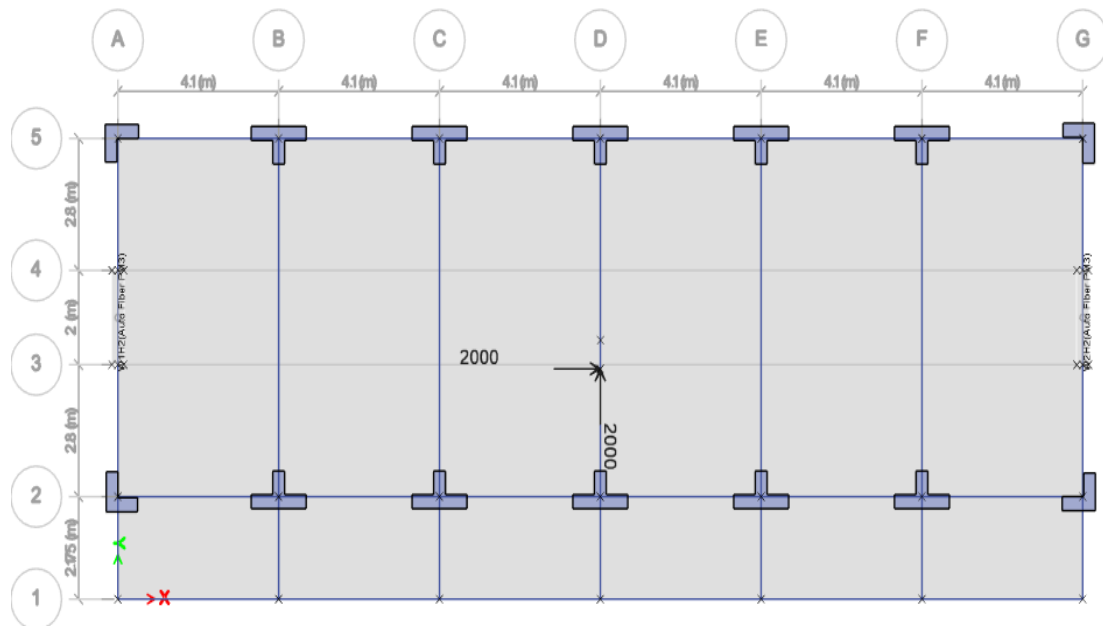
Asignación de Cargas Laterales Pushover en el Centro de Masas del Módulo V  
– Piso 1



Fuente: ETABS 2018

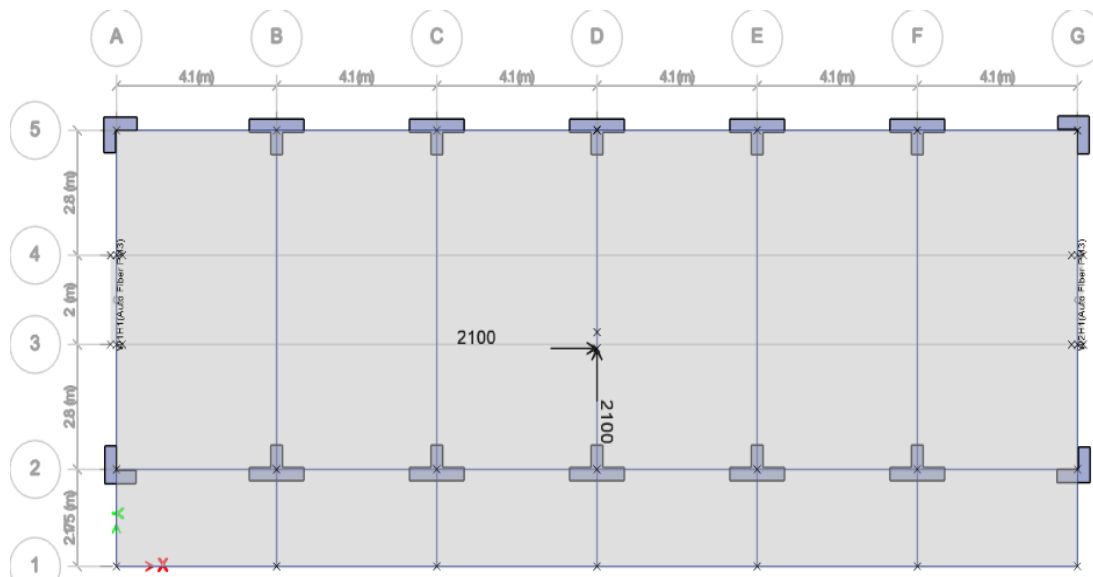


# Asignación de Cargas Laterales Pushover en el Centro de Masas del Módulo V – Piso 2



Fuente: ETABS 2018

# Asignación de Cargas Laterales Pushover en el Centro de Masas del Módulo V – Piso 3



Fuente: ETABS 2018

## Casos de Carga Gravitacional No Lineal del Módulo VI

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

**Initial Conditions**

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	SD	1
Load Pattern	TECHO	0.25
Load Pattern	Dead	1

Add Delete

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load Modify/Show...

Results Saved: Final State Only Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

Fuente: ETABS 2018

## Casos de Carga Gravitacional No Lineal del Módulo V

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

**Initial Conditions**

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	SD	1
Load Pattern	TECHO	0.25
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.5

Add Delete

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load Modify/Show...

Results Saved: Final State Only Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Pushover en la Dirección X del Módulo VI

The screenshot shows the 'Pushover' dialog box in ETABS 2018, specifically the 'General' tab. The 'Load Case Name' is 'PUSH XX'. The 'Load Case Type' is 'Nonlinear Static'. The 'Exclude Objects in this Group' is 'Not Applicable'. The 'Mass Source' is 'Previous'. The 'Initial Conditions' section has 'Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)' selected, with 'Nonlinear Case' set to 'CGNL'. The 'Loads Applied' table shows one entry: 'Load Pattern' with 'Lateral' load name and a 'Scale Factor' of 1. The 'Other Parameters' section has 'Modal Load Case' set to 'Modal', 'Geometric Nonlinearity Option' set to 'None', 'Load Application' set to 'Displacement Control', 'Results Saved' set to 'Multiple States', and 'Nonlinear Parameters' set to 'Default'. There are 'Design...', 'Notes...', 'Add', and 'Delete' buttons.

**General**

Load Case Name: PUSH XX [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

**Initial Conditions**

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Lateral	1

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control [Modify/Show...]

Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Fuente: ETABS 2018

## Control de Aplicación de Carga del Pushover en Dirección X del Módulo VI

The screenshot shows the 'Load Application Control' dialog box in ETABS 2018. The 'Load Application Control' section has 'Displacement Control' selected. The 'Control Displacement' section has 'Use Monitored Displacement' selected, with 'Load to a Monitored Displacement Magnitude of' set to 50 cm. The 'Monitored Displacement' section has 'DOF/Joint' selected, with 'U1' selected for the DOF/Joint and 'Story1' selected for the Story, with a value of 21. The 'Additional Controlled Displacements' section has 'None' selected. The 'Quasi-static Parameters' section has 'Time History Type' set to 'Nonlinear Direct Integration History', 'Output Time Step Size' set to 1 sec, 'Mass Proportional Damping' set to 0 1/sec, and 'Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha' set to 0.

**Load Application Control**

☐ Full Load

☒ Displacement Control

☐ Quasi-Static (run as time history)

**Control Displacement**

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 50 cm

**Monitored Displacement**

☒ DOF/Joint: U1 [Story1] 21

☐ Generalized Displacement

**Additional Controlled Displacements**

None [Modify/Show...]

**Quasi-static Parameters**

Time History Type: Nonlinear Direct Integration History

Output Time Step Size: 1 sec

Mass Proportional Damping: 0 1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha: 0

Fuente: ETABS 2018

## Pushover en la Dirección X del Módulo V

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type:  Notes...

Exclude Objects in this Group:

Mass Source:

**Initial Conditions**

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	FLATERAL	1

Info Add Delete

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Geometric Nonlinearity Option:

Load Application:  Modify/Show...

Results Saved:  Modify/Show...

Nonlinear Parameters:  Modify/Show...

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Control de Aplicación de Carga del Pushover en Dirección X del Módulo V

**Load Application Control**

☐ Full Load

☒ Displacement Control

☐ Quasi-Static (run as time history)

**Control Displacement**

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of:  cm

**Monitored Displacement**

☒ DOF/Joint:

☐ Generalized Displacement:

**Additional Controlled Displacements**

Modify/Show...

**Quasi-static Parameters**

Time History Type:

Output Time Step Size:  sec

Mass Proportional Damping:  1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha:

OK Cancel

Fuente: ETABS 2018

## Pushover en la Dirección Y del Módulo VI

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type:  Notes...

Exclude Objects in this Group:

Mass Source:

**Initial Conditions**

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Flateral	1

Add Delete

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Geometric Nonlinearity Option:

Load Application:  Modify/Show...

Results Saved:  Modify/Show...

Nonlinear Parameters:  Modify/Show...

Fuente: ETABS 2018

## Control de Aplicación de Carga del Pushover en Dirección Y del Módulo VI

**Load Application Control**

☐ Full Load

☒ Displacement Control

☐ Quasi-Static (run as time history)

**Control Displacement**

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of:  cm

**Monitored Displacement**

☒ DOF/Joint:

☐ Generalized Displacement:

**Additional Controlled Displacements**

Modify/Show...

**Quasi-static Parameters**

Time History Type:

Output Time Step Size:  sec

Mass Proportional Damping:  1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha:

Fuente: ETABS 2018

Figura: Pushover en la Dirección Y del Módulo V

**General**

Load Case Name: PUSH YY [Design...]  
 Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]  
 Exclude Objects in this Group: Not Applicable  
 Mass Source: Previous

**Initial Conditions**

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State  
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)  
 Nonlinear Case: [ ]

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	FLATERAL	1

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal  
 Geometric Nonlinearity Option: None  
 Load Application: Displacement Control [Modify/Show...]  
 Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]  
 Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Fuente: ETABS 2018

Figura: Control de Aplicación de Carga del Pushover en Dirección Y del Módulo V

**Load Application Control**

☐ Full Load  
☒ Displacement Control  
☐ Quasi-Static (run as time history)

**Control Displacement**

☐ Use Conjugate Displacement  
☒ Use Monitored Displacement  
 Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 22.5 cm

**Monitored Displacement**

☒ DOF/Joint: U2 Story3: 23  
☐ Generalized Displacement: [ ]

**Additional Controlled Displacements**

None [Modify/Show...]

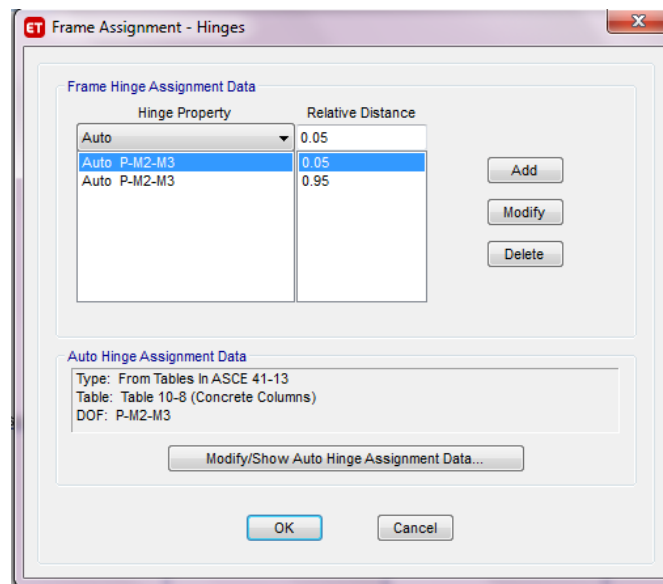
**Quasi-static Parameters**

Time History Type: Nonlinear Direct Integration History  
 Output Time Step Size: 1 sec  
 Mass Proportional Damping: 0 1/sec  
 Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha: 0

[OK] [Cancel]

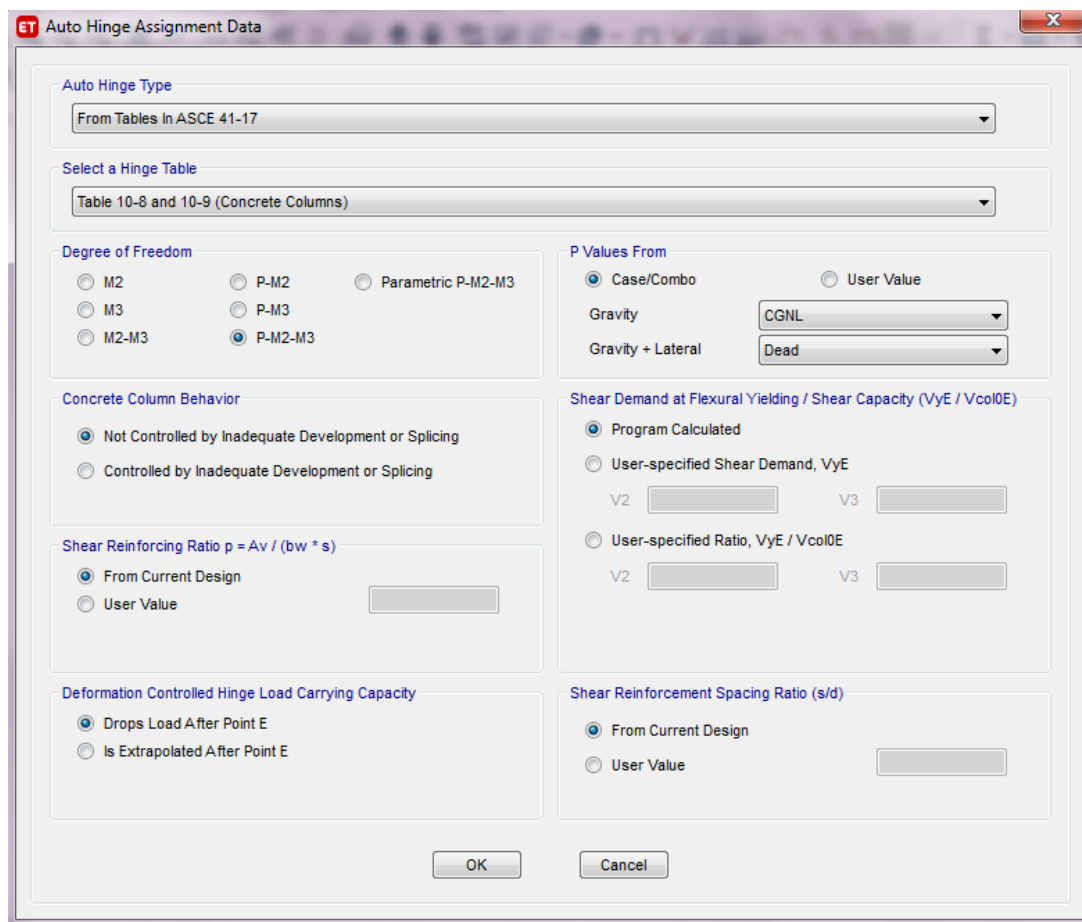
Fuente: ETABS 2018

## Rotulas Plásticas en Columnas de los Módulos V y VI



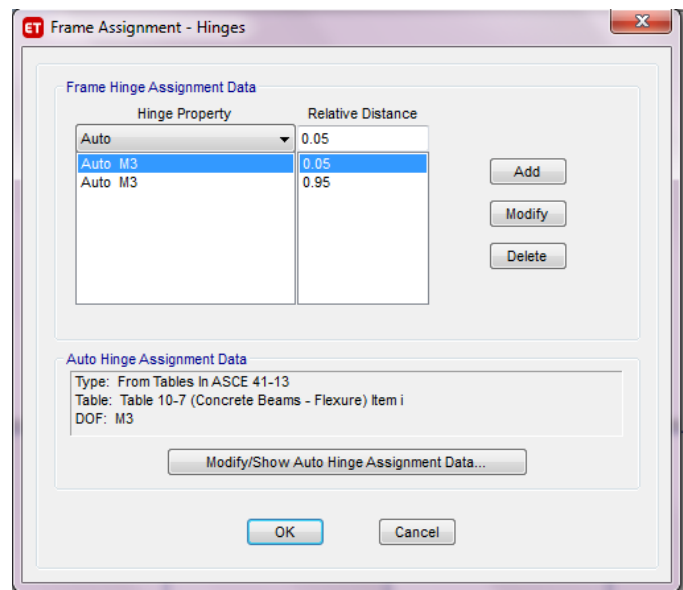
Fuente: ETABS 2018

## Asignamiento de los Datos de las Rótulas Plásticas en Columnas de los Módulos V y VI



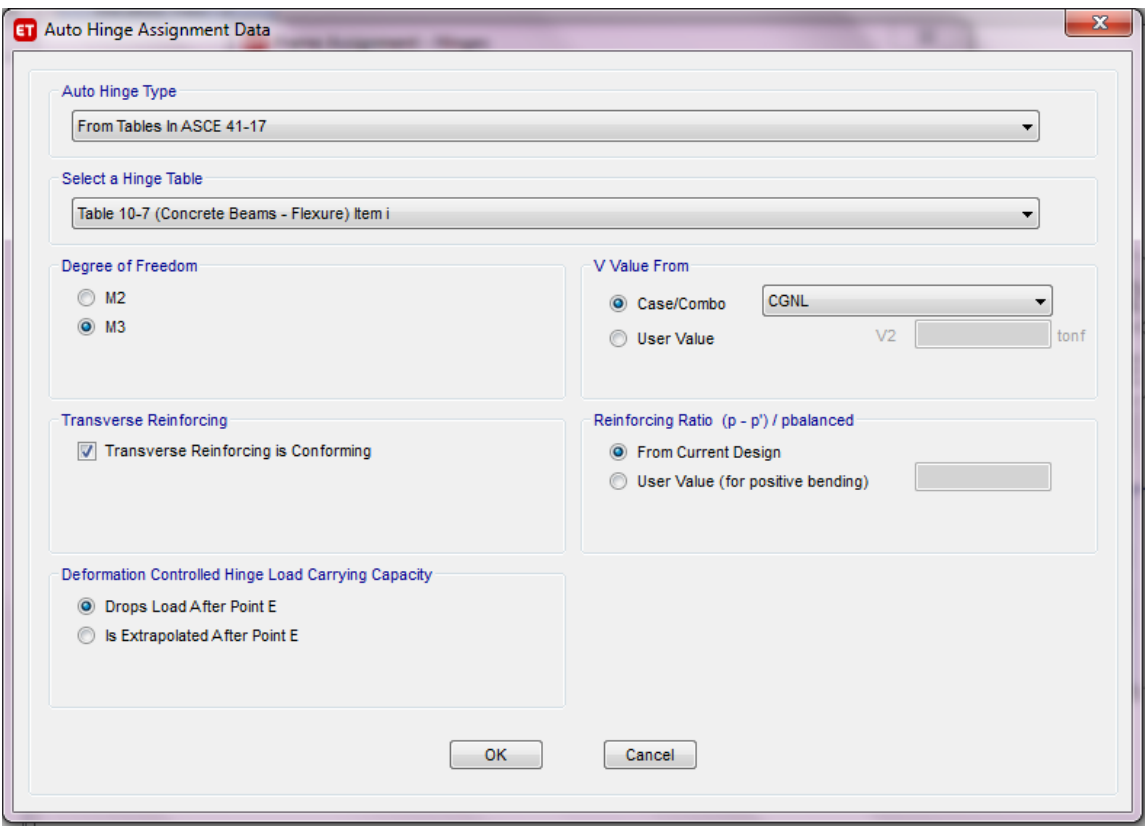
Fuente: ETABS 2018

Rotulas Plásticas en Vigas de los Módulos V y VI



Fuente: ETABS 2018

Asignamiento de los Datos de las Rótulas Plásticas en Vigas de los Módulos V



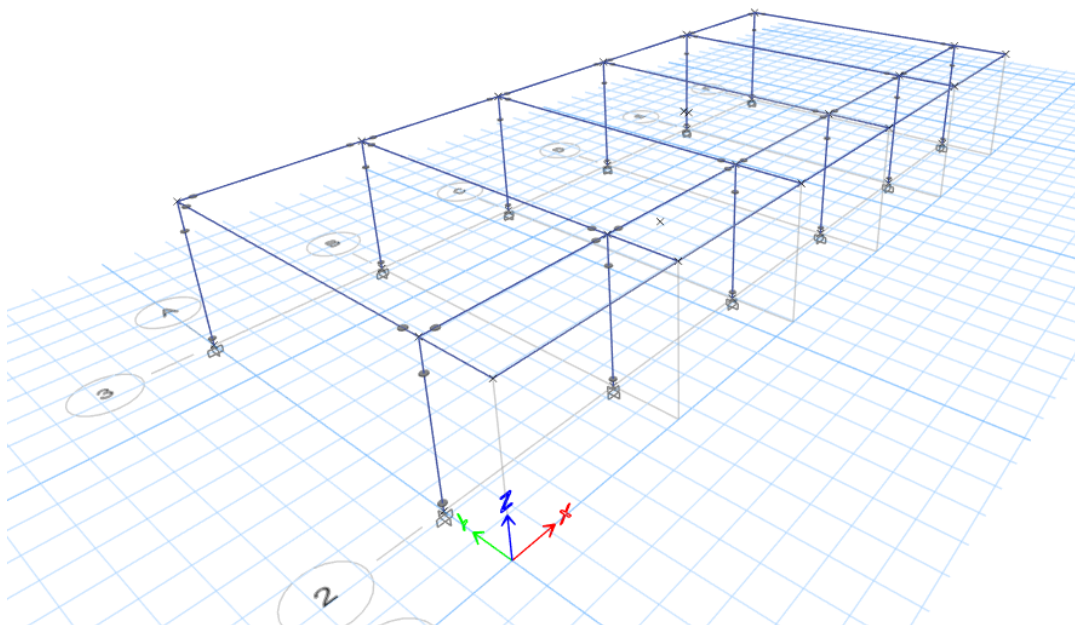
y VI

Fuente: ETABS 2018



## Asignación de Rótulas Plásticas en Vigas y Columnas del Módulo VI

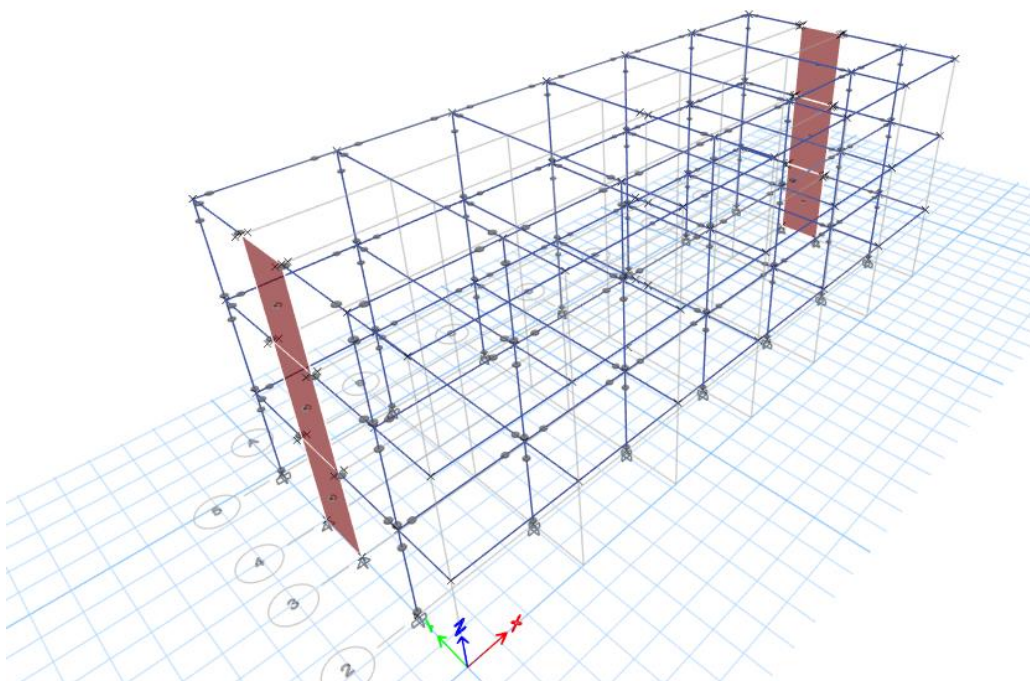
3-D View



Fuente: ETABS 2018

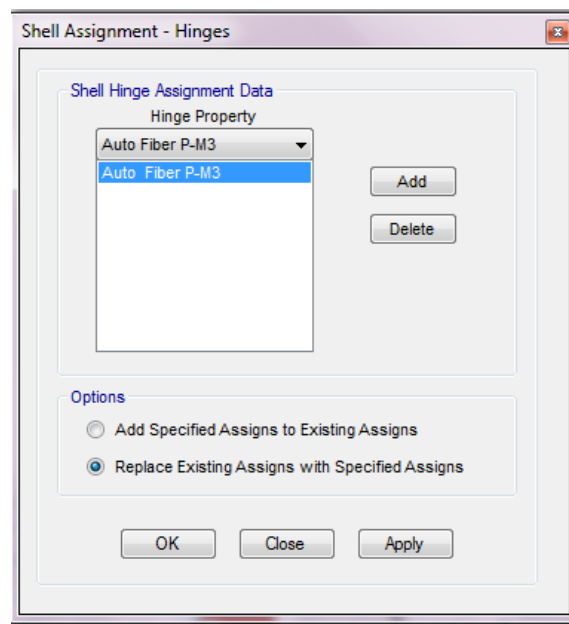
## Asignación de Rótulas Plásticas en Vigas y Columnas del Módulo VI

3-D View



Fuente: ETABS 2018

## Asignación de la Rótula Plástica en la Placa del Módulo V



Fuente: ETABS 2018

## Rotula Plástica en la Placa del Módulo V



Fuente: ETABS 2018

**ANEXO 4: DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE DESEMPEÑO SISMICO DE  
LOS MODULOS V y VI**

## Método del Espectro de Capacidad – Fema 440

### Dirección XX

#### 1. Desarrollo del Módulo VI

##### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 2

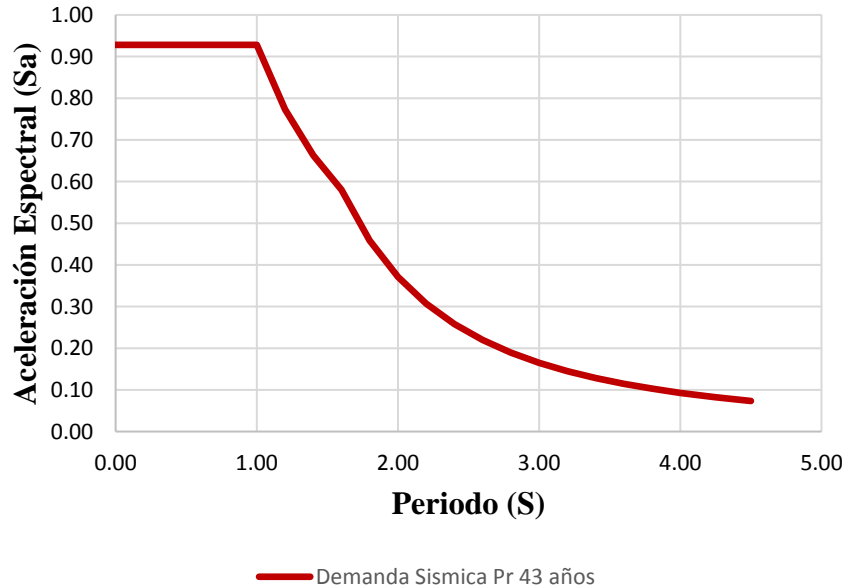
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

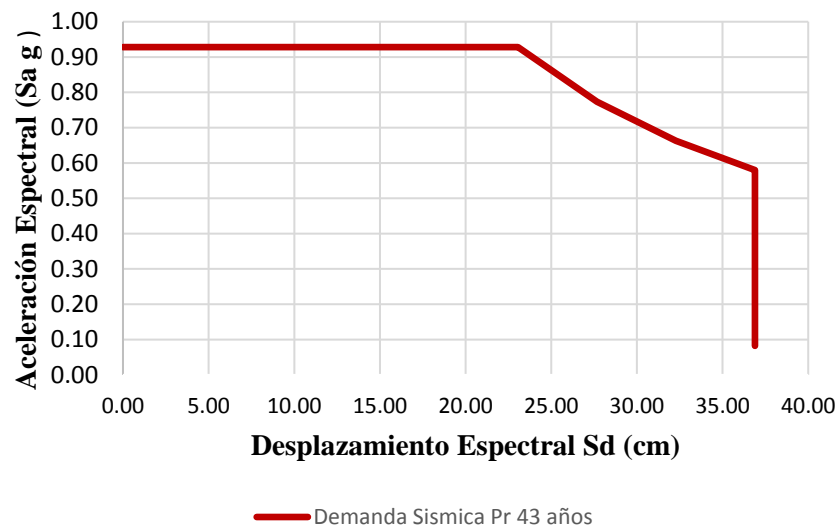
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años



Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.36 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 0.3817 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.911317 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.349 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.823 \text{ g}$$

Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left( \frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y} \right)}{\left( \frac{a_y}{d_y} \right)}$$

$$\alpha = 1.145$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.0936$$

Periodo Efectivo:

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.13 \text{ S}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 5.04$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.004$$

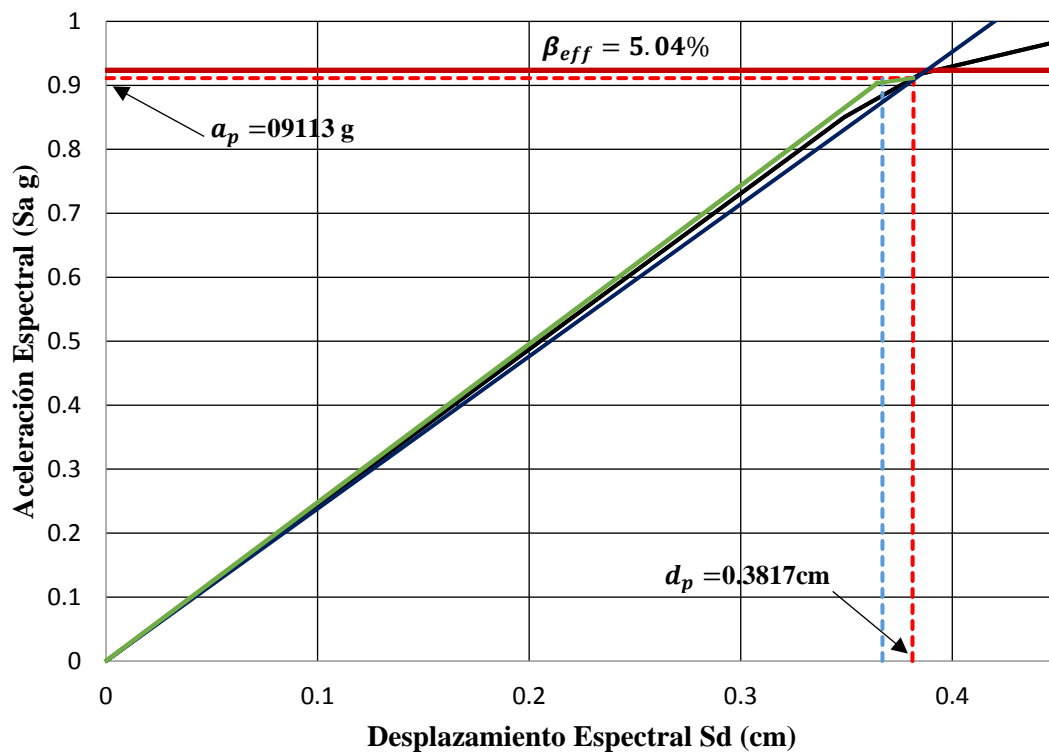
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.2381
0.2	0.4762
0.3	0.7143
0.4	0.9524
0.5	1.1906
0.6	1.4287

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 43 años en el sentido "X"



Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - - - -	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - - - -	$B_{eff}$ (5.04)%	—

Punto de Desempeño

$d_p = 0.3817$  cm  $a_p = 0.9113$  g **OK**

$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$

$0.3626 \leq 0.3817 \leq 0.40$

Resultados Finales

$T_0 = 0.13$  S  $a_p = 0.9113$  g

$T_{eff} = 0.13$  S  $\Delta_d = 0.3534$  cm

$\alpha = 1.145$   $V_d = 215.81$  Tn

$\mu = 1.093$

$$\beta_{eff} = 5.04$$

$$d_p = 0.3817 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr de 72 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

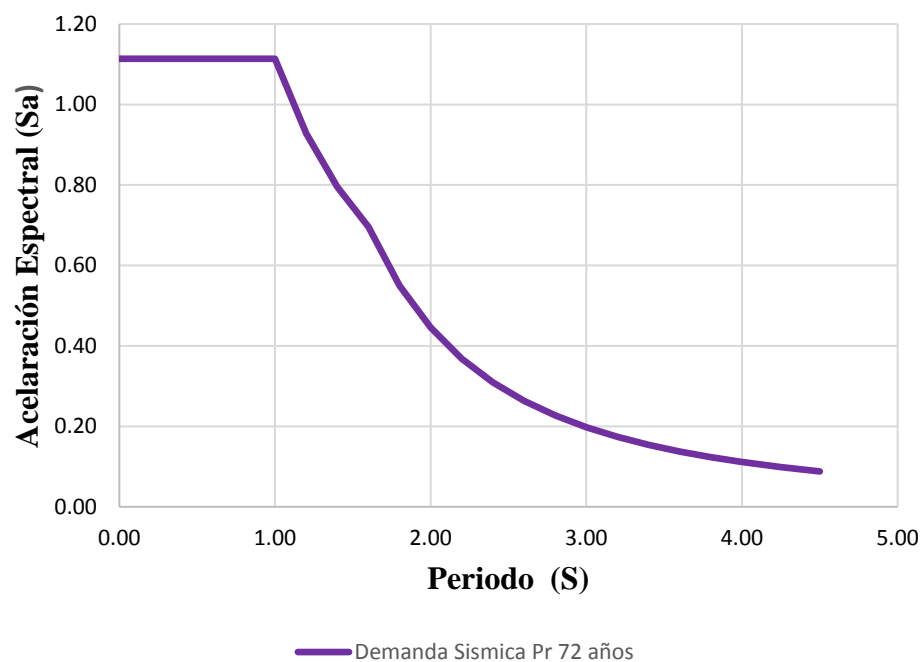
R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

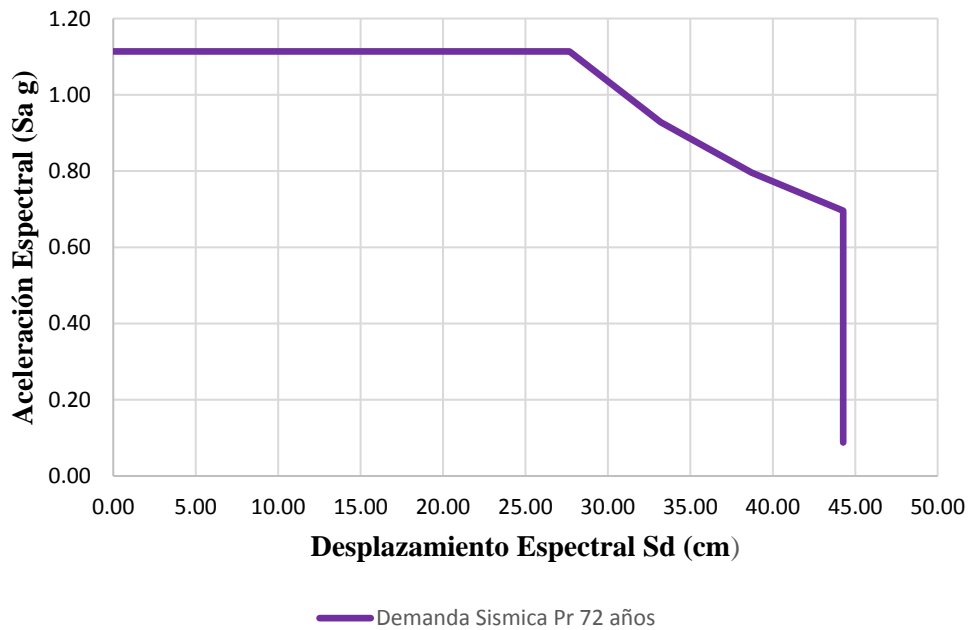
Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 72 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia:



Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 72 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia.

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.36 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 0.4889 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.9989 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.3303 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.7795 \text{ g}$$

### Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.5862$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.48$$

Periodo Efectivo:

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.135 \text{ S}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 6.01$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.06$$

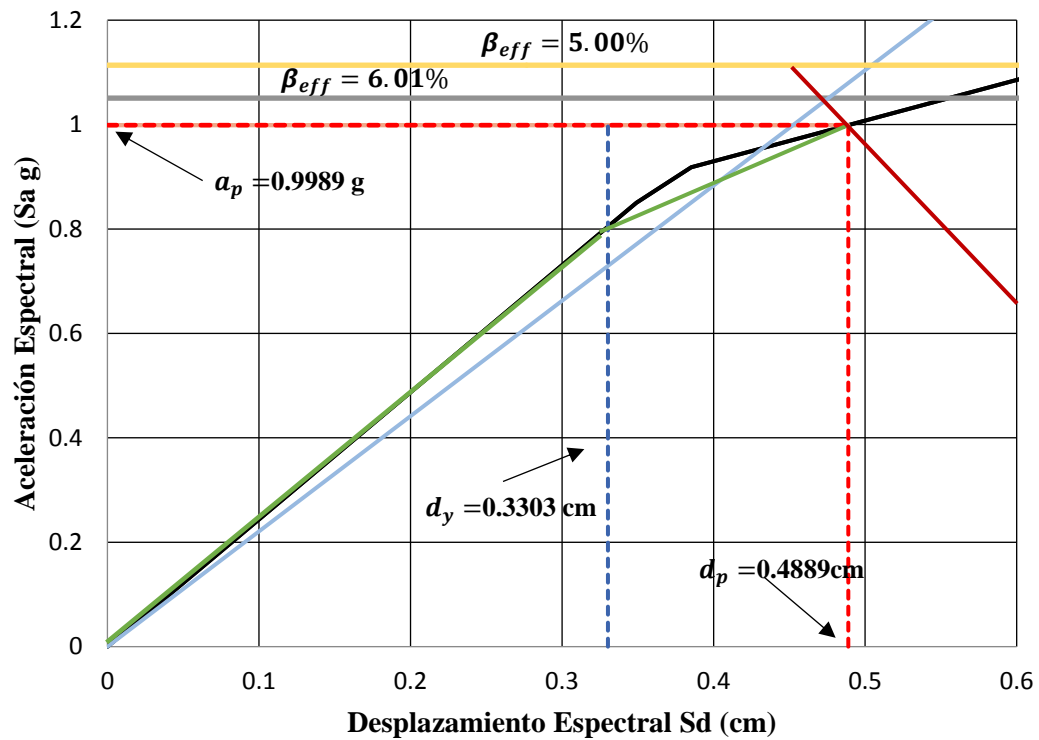
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.2208
0.2	0.4416
0.3	0.6624
0.4	0.8832
0.5	1.1040
0.6	1.3248
0.7	1.5456

Figura: Punto de Desempeño para un sismo de Pr 72 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

### Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - -	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - -	$\beta_{eff} (5\%)$	—
		$\beta_{eff} (6.01\%)$	—		

### Punto de Desempeño

$$d_p = 0.4889 \text{ cm} \quad a_p = 0.9989 \text{ g} \quad \mathbf{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$0.4644 \leq 0.4889 \leq 0.5133$$

### Resultados Finales

$$T_0 = 0.13 \text{ s} \quad a_p = 0.9989 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.135 \text{ s} \quad \Delta_d = 0.4485 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.4968 \quad V_d = 236.18 \text{ Tn}$$

$$\mu = 1.3634$$

$$\beta_{eff} = 6.01$$

$$d_p = 0.4889 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr de 475 años

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 1

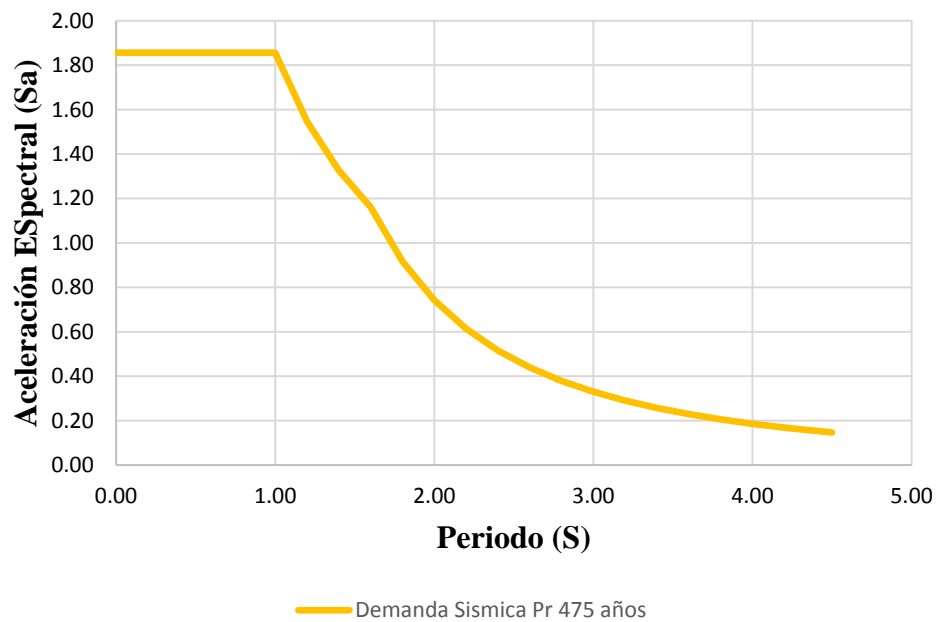
R:1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

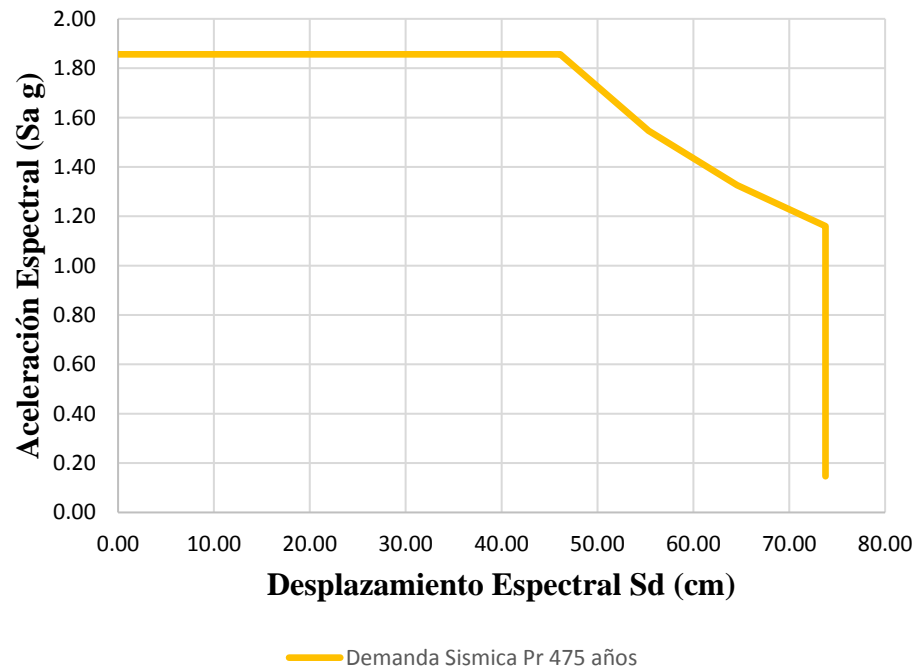
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Espectro de Demanda Sísmica de Pr 475 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 475 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.36 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.1252 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.3291 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.4158 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.9812 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.2078$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 2.7063$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.179 \text{ s}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 13.80\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.34$$

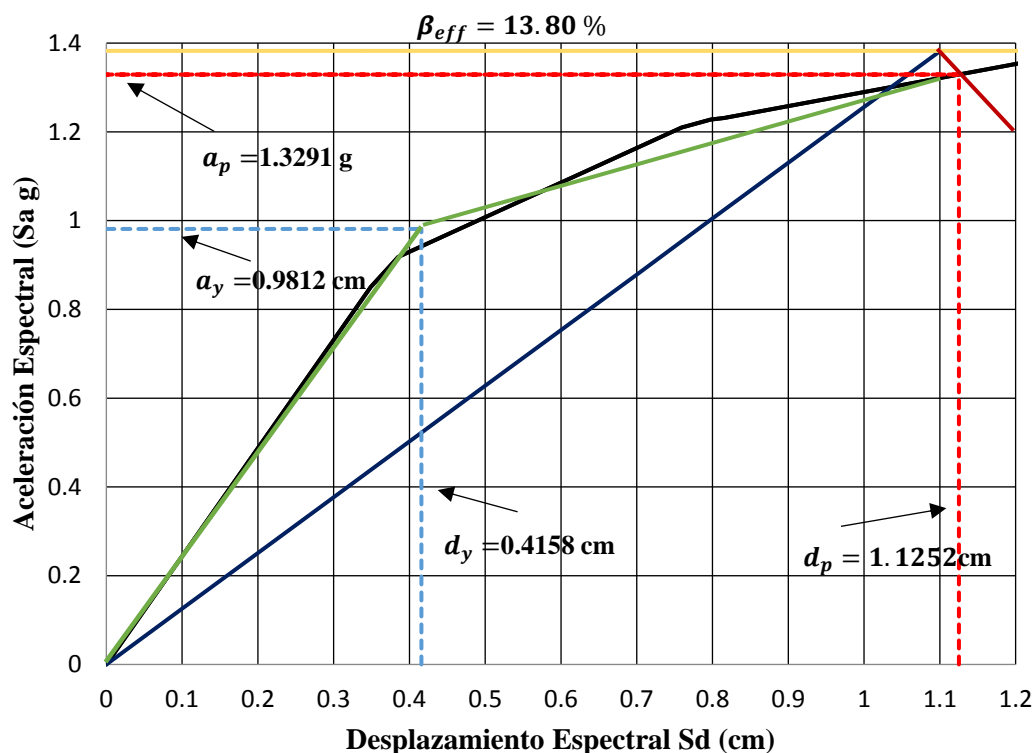
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.1256
0.2	0.2512
0.3	0.3768
0.4	0.5024
0.5	0.6280
0.6	0.7536
0.7	0.8782
0.8	1.0048
0.9	1.1304
1.0	1.2560
1.1	1.3816

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 475 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

### Leyenda

Sa (g)	—	Dy,Ay	---	Teff	—
Sd (cm)	—	Dp,Ap	---	Beff (13.80%)	—

### Punto de Desempeño

$$d_p = 1.1252 \text{ cm} \quad a_p = 1.3291 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$1.0689 \leq 1.1252 \leq 1.1815$$

### Resultados Finales

$$T_o = 0.129 \text{ s} \quad a_p = 1.3291 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.179 \text{ s} \quad \Delta_d = 0.9834 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.2078 \quad V_d = 311.72 \text{ Tn}$$

$$\mu = 2.7063$$

$$\beta_{eff} = 13.75\%$$

$$d_p = 1.1252 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr 975 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

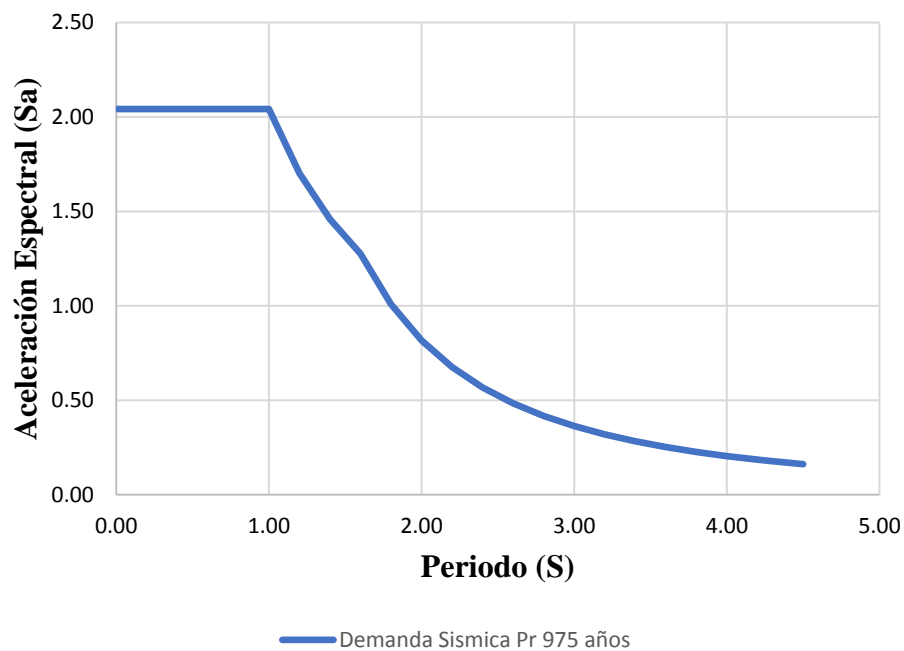
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

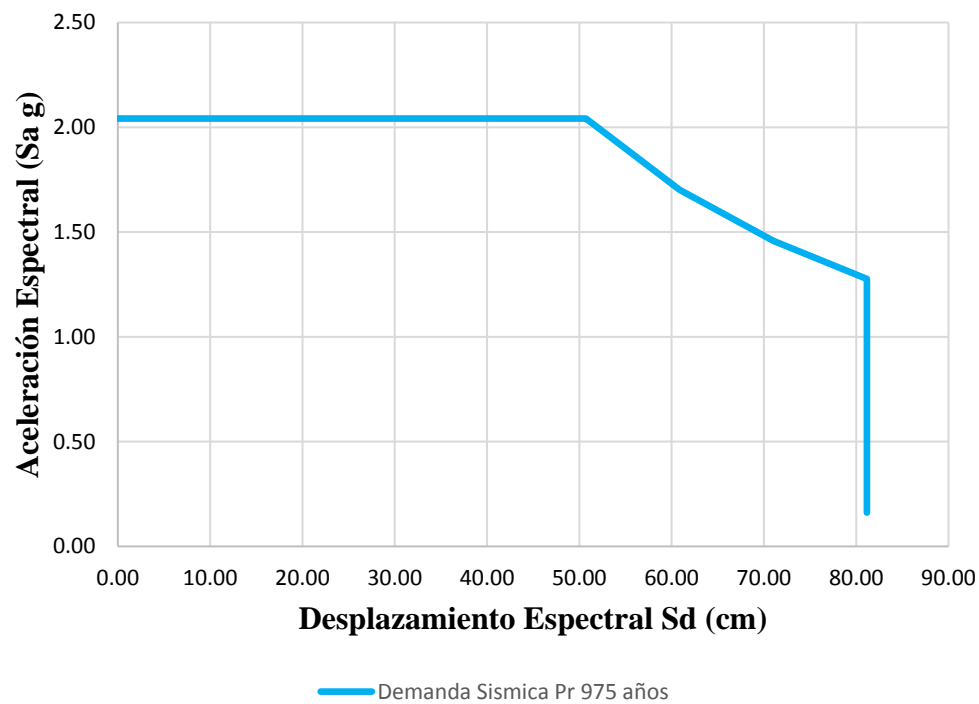
Espectro de Demanda Sísmica de Pr 975 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia



Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 975 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.36 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.3848 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.3864 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.4363 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.023 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.1631$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 3.1738$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.195 S$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 16.83\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.44$$

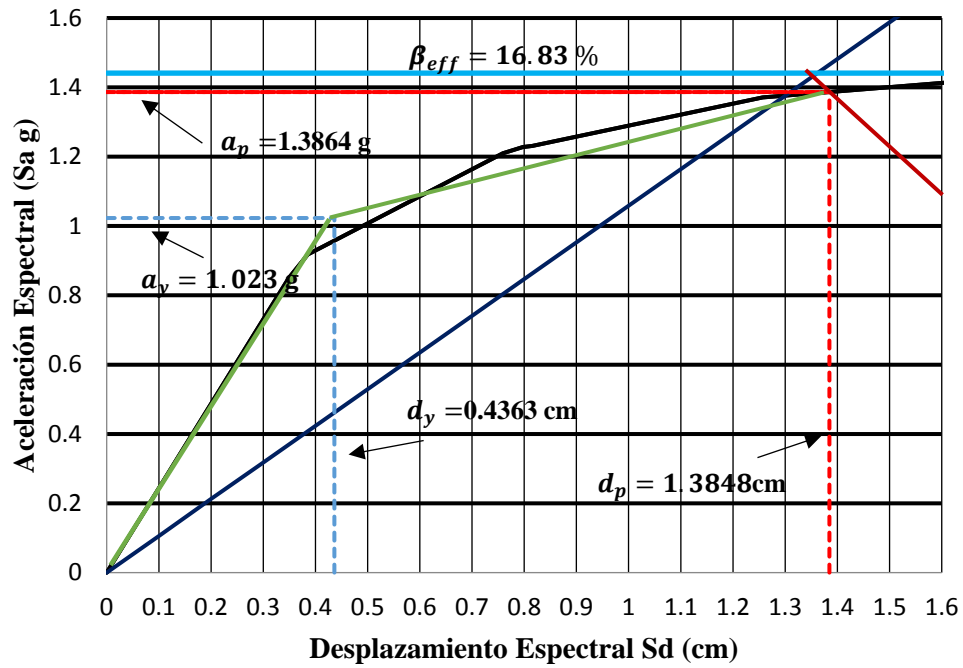
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0971
0.2	0.1942
0.3	0.2912
0.4	0.3883
0.5	0.4854
0.6	0.5825
0.7	0.6796
0.8	0.7766
0.9	0.8737
1.0	0.9708
1.1	1.0679
1.2	1.1650
1.3	1.2621
1.4	1.4817
1.5	1.5875
1.6	1.6933

Punto de Desempeño para un sismo de Pr 975 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$ — — — —	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$ - - - -	$\beta_{eff}$ (16.83%)	—

Punto de Desempeño

$$d_p = 1.3848\text{ cm} \quad a_p = 1.3864\text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$1.3156 \leq 1.3848 \leq 1.4540$$

Resultados Finales

$$T_0 = 0.126\text{ S} \quad a_p = 1.3864\text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.195\text{ S} \quad \Delta_d = 1.2085\text{ cm}$$

$$\alpha = 0.1631 \quad V_d = 324.92\text{ Tn}$$

$$\mu = 3.1738$$

$$\beta_{eff} = 16.83\%$$

$$d_p = 1.3848\text{ cm}$$

### -Sismo de Pr 1500 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

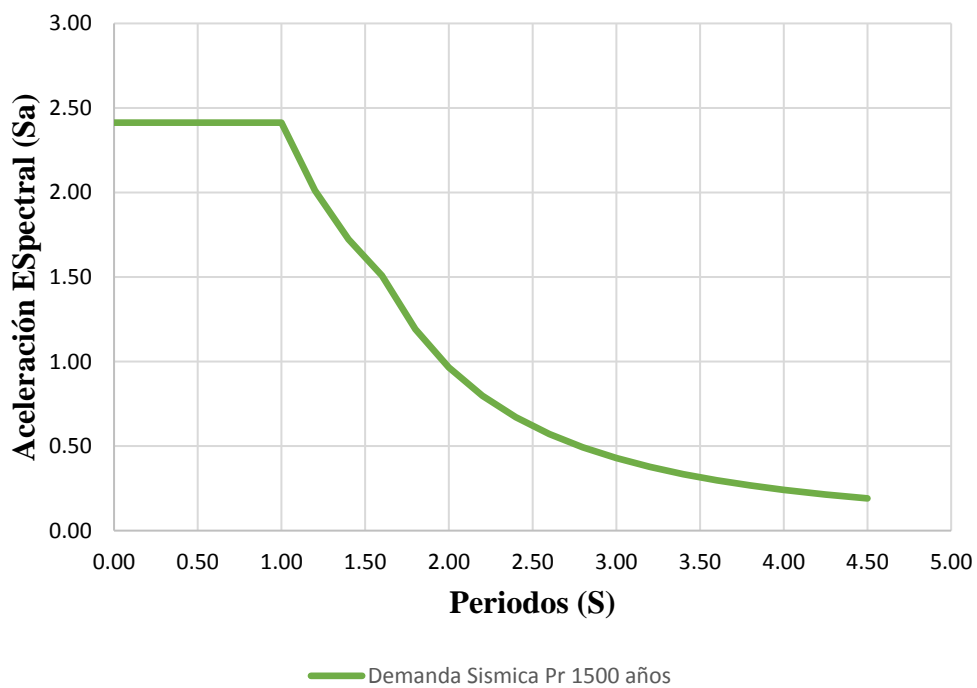
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

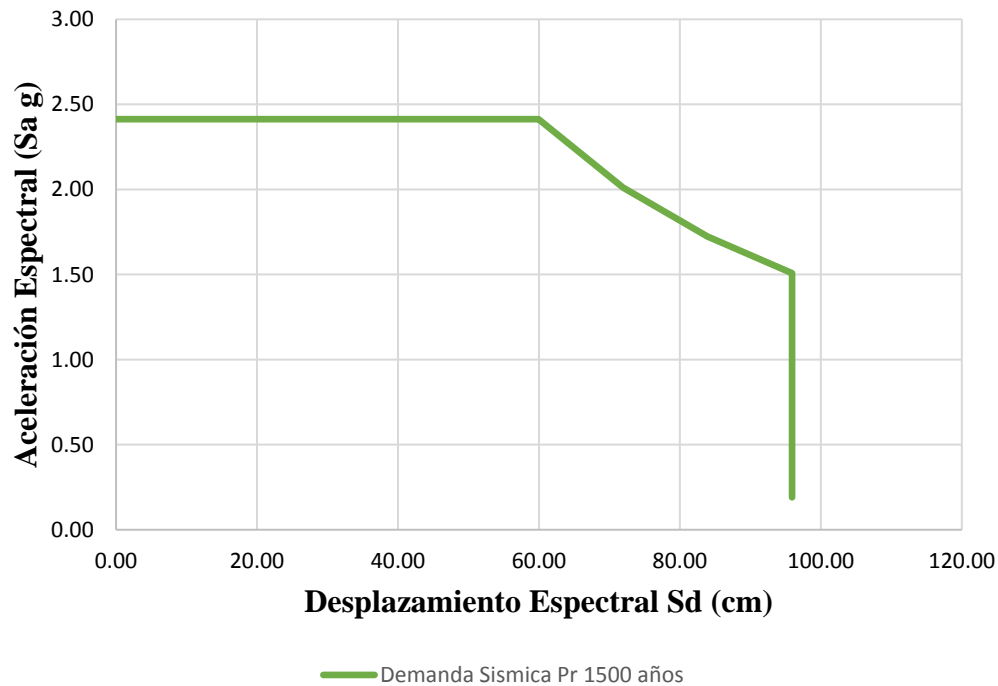
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Espectro de Demanda Sísmica de 1500 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia

### Espectro de Demanda Sísmica de Pr 1500 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.36 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.8685 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.4453 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.421 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.99 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.1338$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 4.436$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.21 S$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 18.23\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.50$$

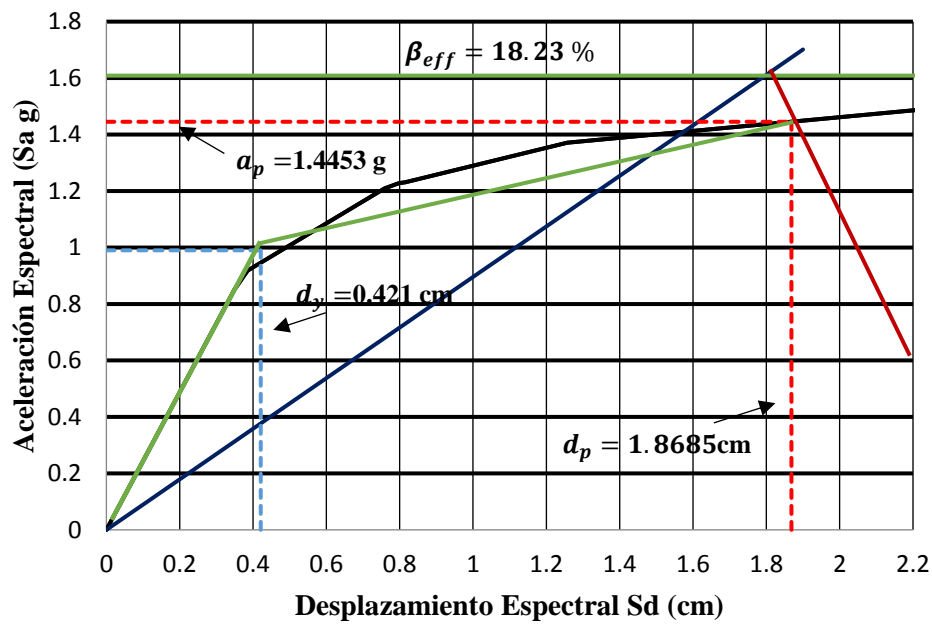
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0895
0.2	0.1791
0.3	0.2686
0.4	0.3582
0.5	0.4477
0.6	0.5372
0.7	0.6268
0.8	0.7163
0.9	0.8059
1.0	0.8954
1.1	0.9849
1.2	1.0745
1.3	1.1640
1.4	1.2536
1.5	1.3431
1.6	1.4326
1.7	1.5222
1.8	1.6117
1.9	1.7013

Figura: Punto de Desempeño para sismo de Pr 1500 años en el sentido "X"



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) ————  $D_y, A_y$  - - - - -  $T_{eff}$  ————  
 $S_d$  (cm) ————  $D_p, A_p$  - - - - -  $\beta_{eff}$  (18.23%) ————

#### Punto de Desempeño

$d_p = 1.8685\text{ cm}$   $a_p = 1.4453\text{ g}$  **OK**

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$1.7751 \leq 1.8685 \leq 1.9619$$

#### Resultados Finales

$$T_0 = 0.116\text{ s} \quad a_p = 1.4453\text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.21\text{ s} \quad \Delta_d = 1.662\text{ cm}$$

$$\alpha = 0.1338 \quad V_d = 339.83\text{ Tn}$$

$$\mu = 4.436$$

$$\beta_{eff} = 18.23\%$$

$$d_p = 1.8685\text{ cm}$$

### -Sismo de Pr 2500 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.66

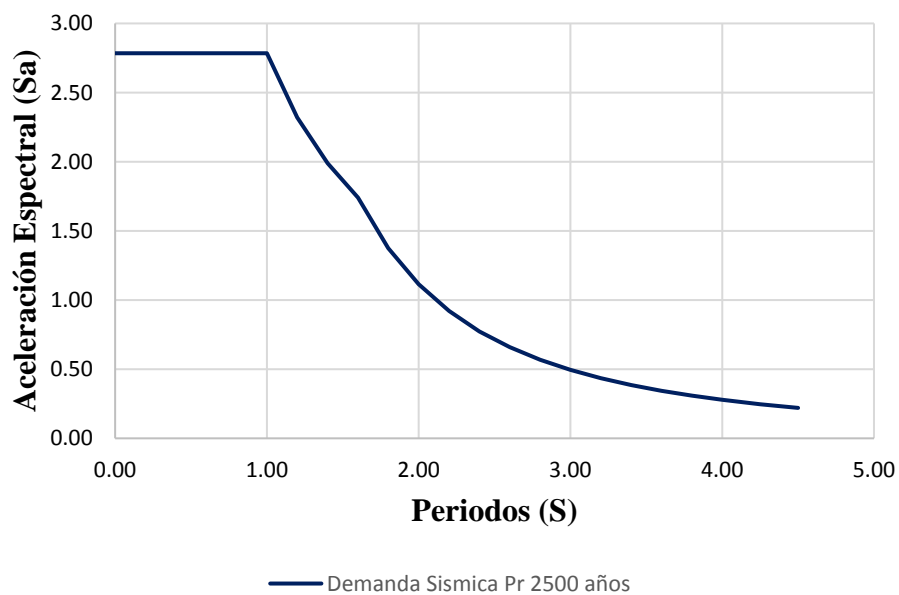
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

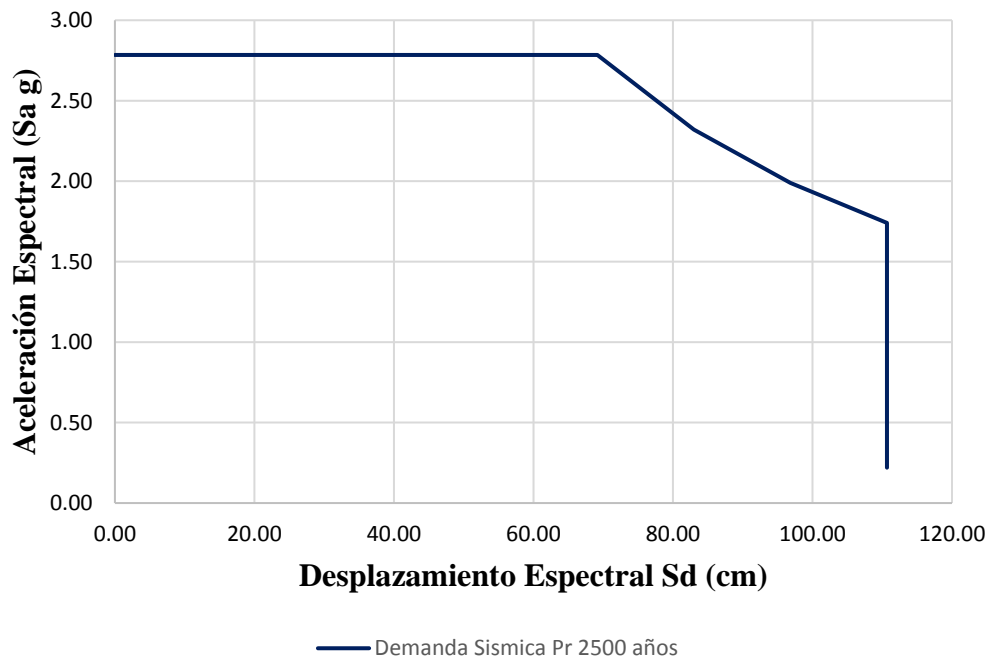
Espectro de Demanda Sísmica de 2500 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia



### Espectro de Demanda Sísmica de Pr 2500 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.36 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 2.3751 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.5051 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.5938 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.40 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sismica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = \mathbf{0.0250}$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 4 \quad \text{To } 0.128, 4.9$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.225$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 20\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.54$$

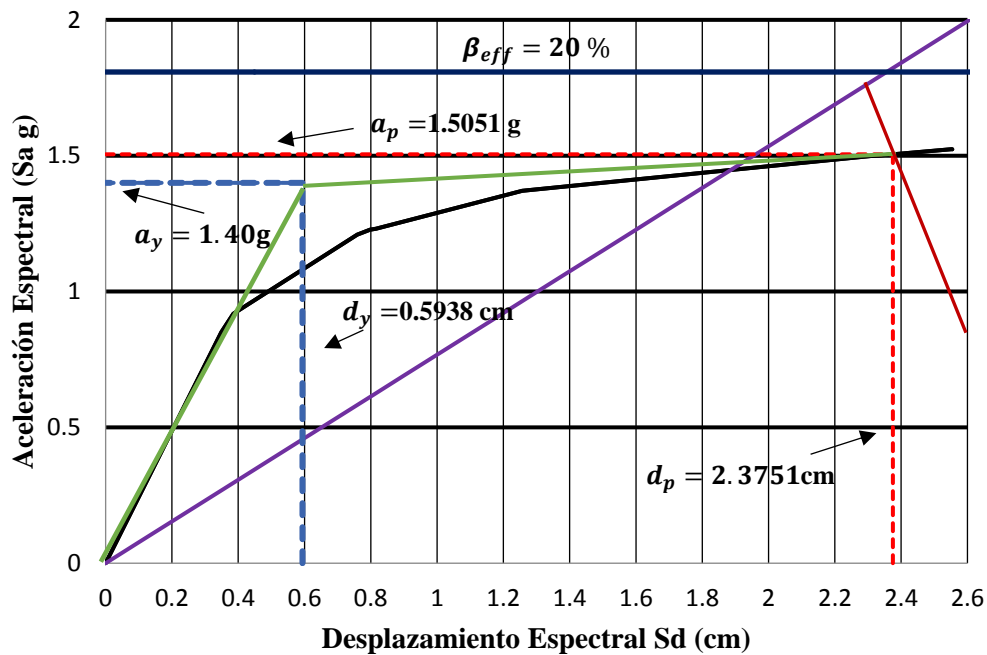
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0767
0.2	0.1535
0.3	0.2302
0.4	0.3070
0.5	0.3837
0.6	0.4604
0.7	0.5372
0.8	0.6139
0.9	0.6907
1.0	0.7674
1.1	0.8441
1.2	0.9209
1.3	0.9976
1.4	1.0744
1.5	1.1511
1.6	1.2278
1.7	1.3046
1.8	1.3813
1.9	1.4581
2.0	1.5348
2.1	1.6115
2.2	1.6883
2.3	1.7650
2.4	1.8418
2.5	1.9185
2.6	1.9952
2.7	2.0720

Figura: Punto de Desempeño para un sismo de Pr 2500 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - - - -	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - - - -	$\beta_{eff}$ (20%)	—

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 2.3751 \text{ cm} \quad a_p = 1.5051 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$2.2563 \leq 2.3751 \leq 2.4939$$

#### Resultados Finales

$$T_0 = 0.129 \text{ s} \quad a_p = 1.5051 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.22 \text{ s} \quad \Delta_d = 2.1386 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.0250 \quad V_d = 354.98 \text{ Tn}$$

$$\mu = 4$$

$$\beta_{eff} = 20\%$$

$$d_p = 2.3751 \text{ cm}$$

## Dirección YY

### 1. Desarrollo del Módulo VI

#### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 2

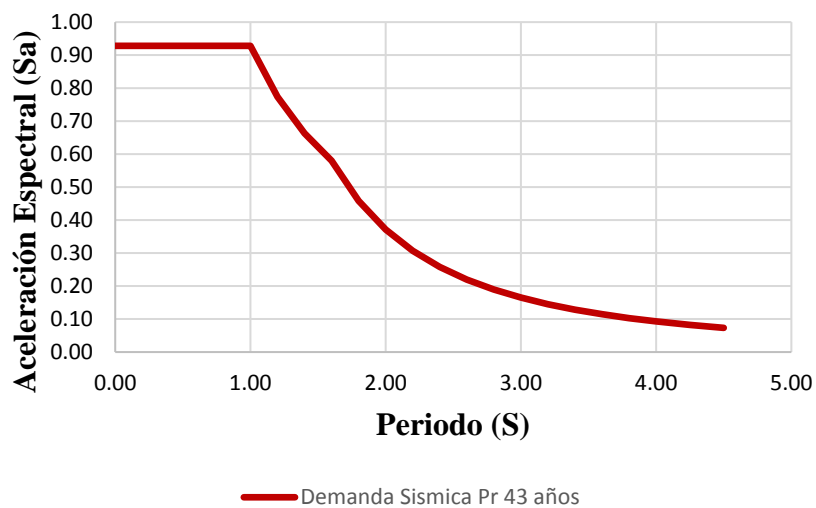
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

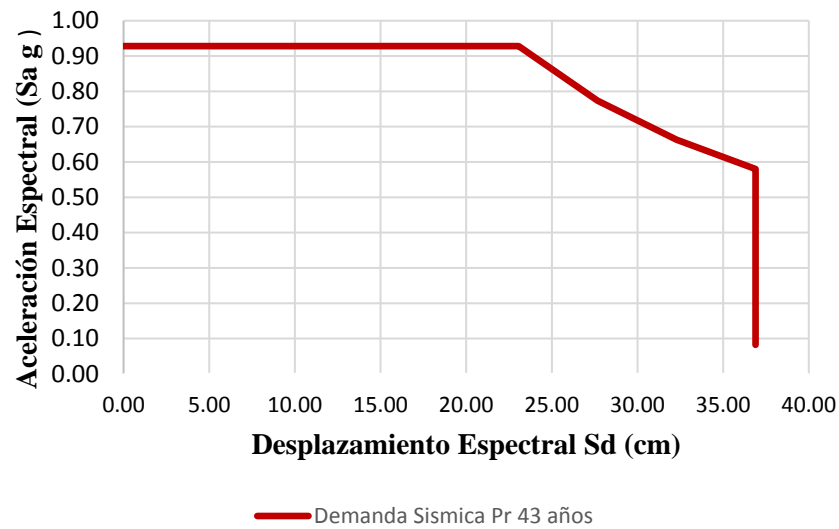
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.44 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 0.3817 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.9113 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.349 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.8516 \text{ g}$$

Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.7481$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.0936$$

Periodo Efectivo:

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.13 \text{ S}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 5.04$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.004$$

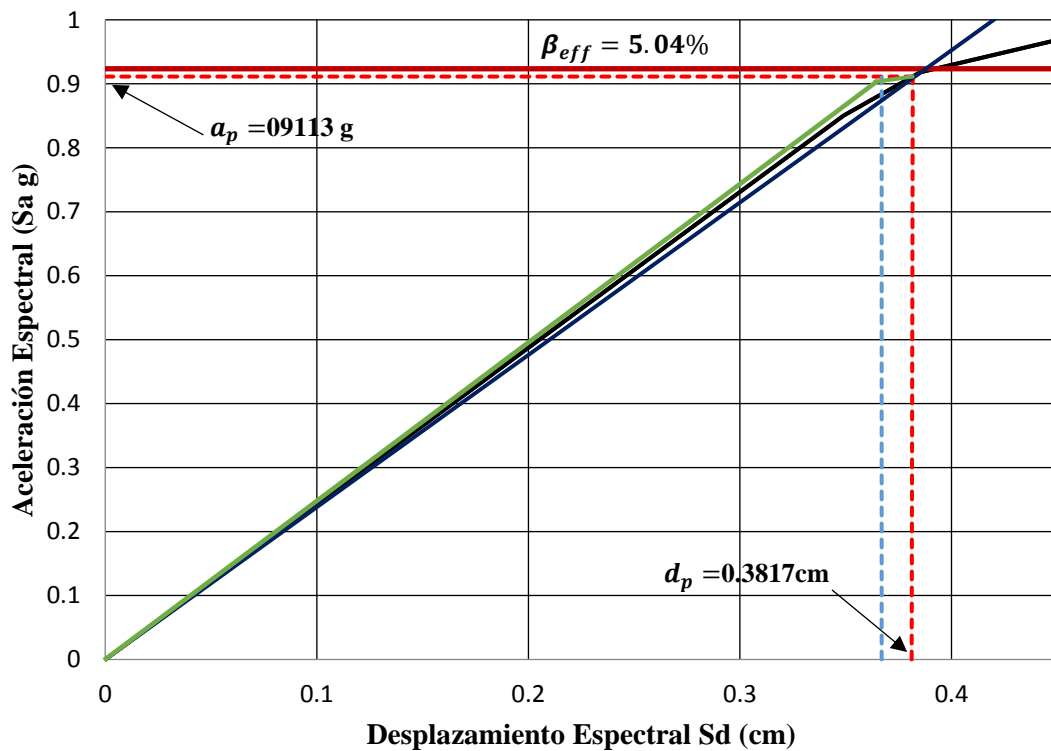
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.2381
0.2	0.4762
0.3	0.7143
0.4	0.9524
0.5	1.1906
0.6	1.4287

Figura: Punto de Desempeño para un sismo de Pr 43 años en el sentido “Y”



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda:

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - - - -	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - - - -	$\beta_{eff}(5.04)\%$	—

#### Punto de Desempeño

$d_p = 0.3817$  cm  $a_p = 0.9113$  g **OK**

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$0.3626 \leq 0.3817 \leq 0.40$$

#### Resultados Finales

$$T_o = 0.13$$
 S  $a_p = 0.9113$  g

$$T_{eff} = 0.13$$
 S  $\Delta_d = 0.4057$  cm

$$\alpha = 0.7481$$
  $V_d = 215.81$  Tn

$$\mu = 1.093$$

$$\beta_{eff} = 5.04$$

$$d_p = 0.3817 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr de 72 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

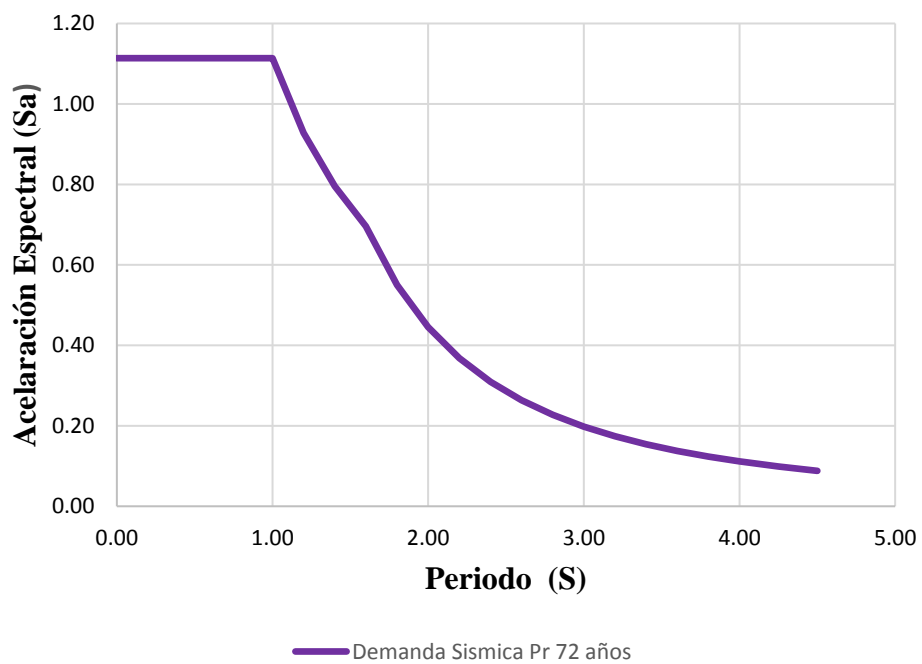
R: 1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

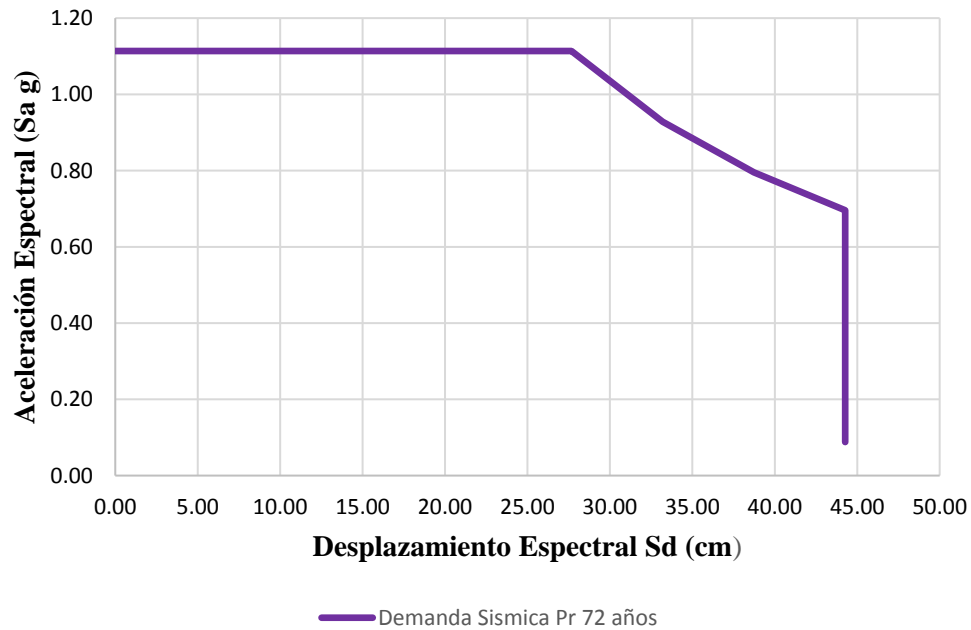
Espectro de Demanda Sísmica de Pr 72 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia



Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 72 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.44 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 0.4776 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.9965 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.3317 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.8093 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sismica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.5259$$

Ductilidad :

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.44$$

Periodo Efectivo :

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.13 \text{ S}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 5.8$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.04$$

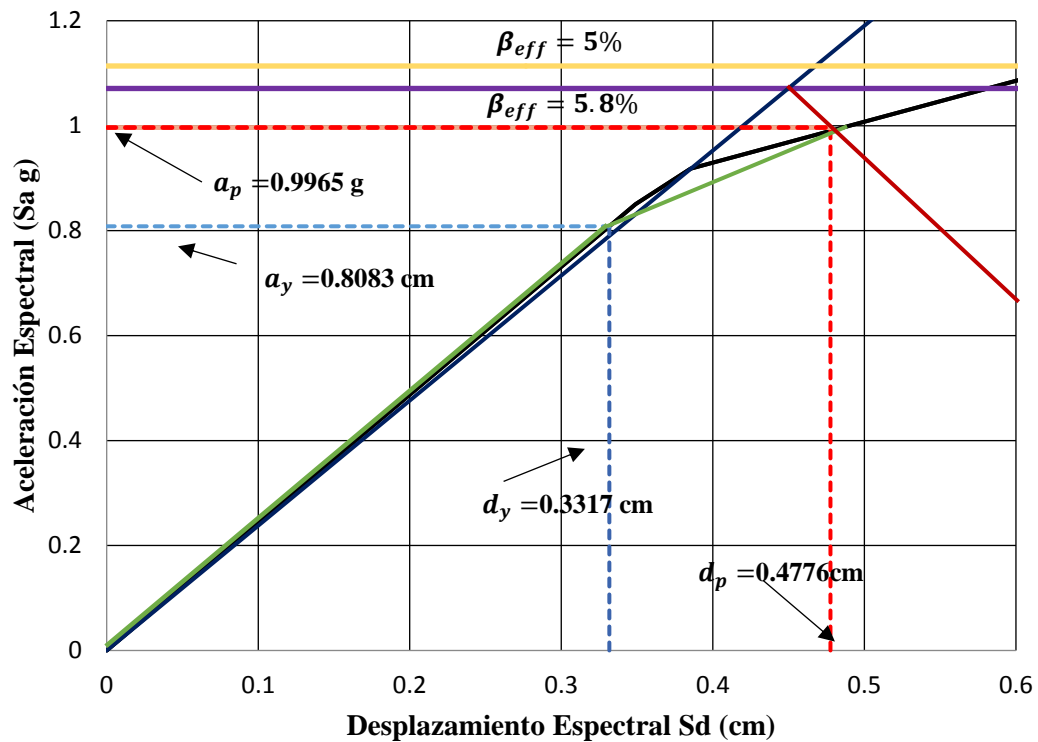
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.2381
0.2	0.4762
0.3	0.7144
0.4	0.9525
0.5	1.1906
0.6	1.4287
0.7	1.6668

Figura: Punto de Desempeño para un sismo de Pr 72 años en el sentido “Y”



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

Sa (g)	—	Dy, Ay	- - - -	Teff	—
Sd (cm)	—	Dp, Ap	- - - -	Beff (5%)	—
		Beff (5.8%)	—		

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 0.4776 \text{ cm} \quad a_p = 0.9965 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$0.4537 \leq 0.4776 \leq 0.5015$$

#### Resultados Finales

$$T_o = 0.09 \text{ S} \quad a_p = 0.9965 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.13 \text{ S} \quad \Delta_d = 0.5096 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.4968 \quad V_d = 235.66 \text{ Tn}$$

$$\mu = 1.44$$

$$\beta_{eff} = 5.8$$

$$d_p = 0.4776 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr de 475 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1

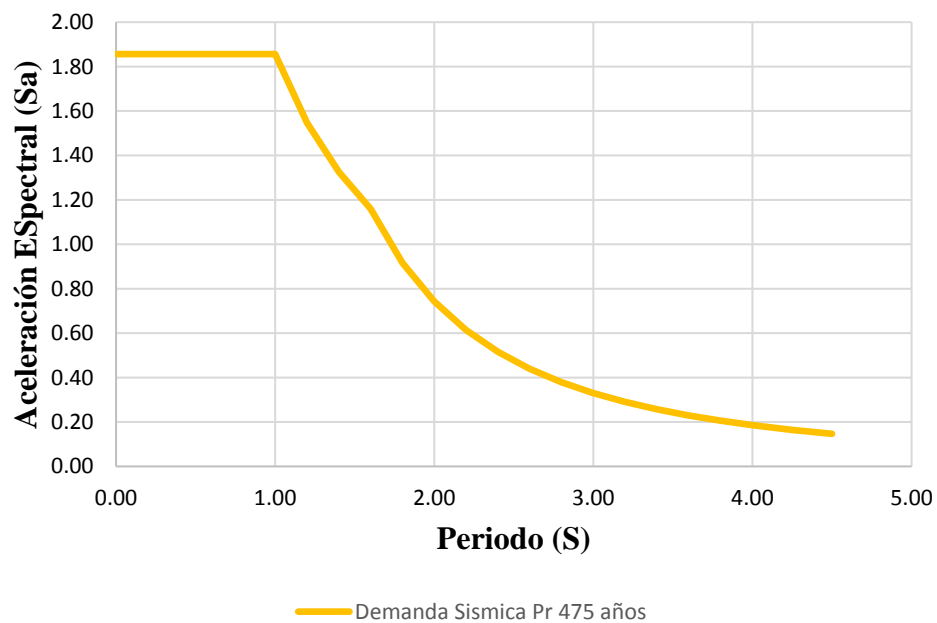
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

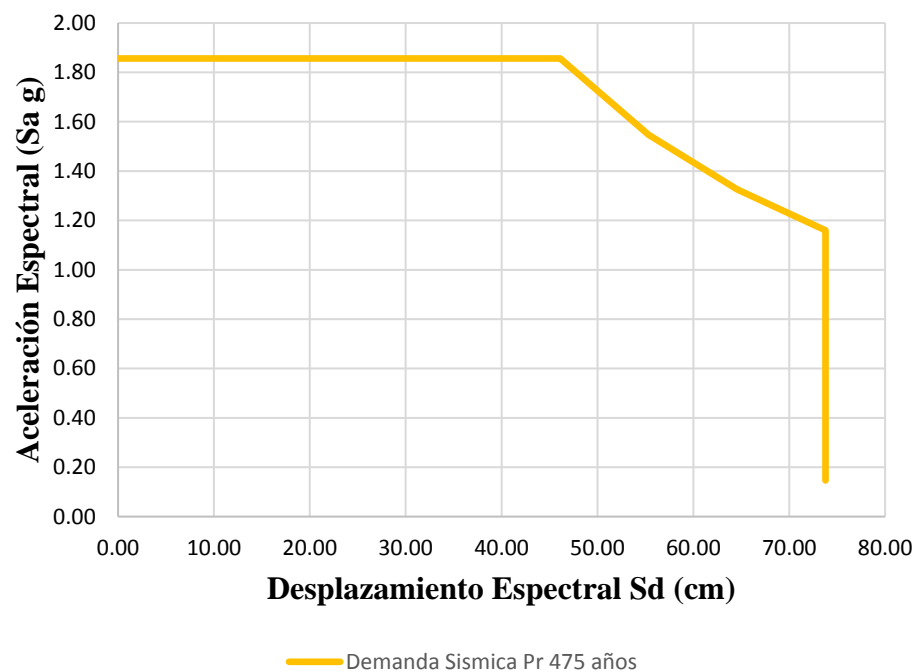
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 475 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 475 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.44 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.0586 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.3194 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.4125 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.0 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.2039$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 2.566$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.173 \text{ S}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 12.79\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.31$$

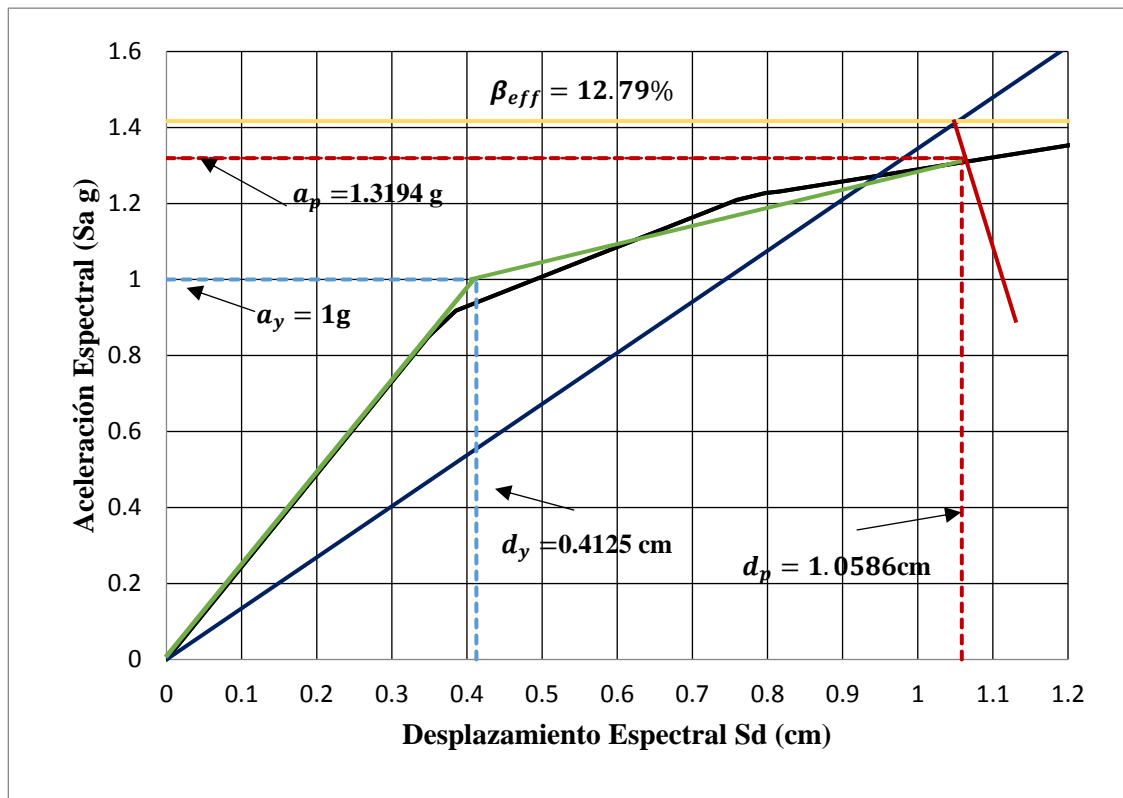
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; \dots 1.3$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.1345
0.2	0.2689
0.3	0.4034
0.4	0.5378
0.5	0.6723
0.6	0.8068
0.7	0.9412
0.8	1.0757
0.9	1.2102
1.0	1.3446
1.1	1.4791
1.2	1.6135
1.3	1.7480

Figura: Punto desempeño para un sismo de Pr 475 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) ————  $D_y, A_y$  - - - - -  $T_{eff}$  ————  
 $S_d$  (cm) ————  $D_p, A_p$  - - - - -  $\beta_{eff}$  (12.79%) ————

#### Punto de Desempeño

$d_p = 1.0586 \text{ cm}$   $a_p = 1.3194 \text{ g}$  **OK**

$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$

$1.0056 \leq 1.0586 \leq 1.1115$

#### Resultados Finales

$T_o = 0.129 \text{ s}$   $a_p = 1.3194 \text{ g}$

$T_{eff} = 0.173 \text{ s}$   $\Delta_d = 1.158 \text{ cm}$

$\alpha = 0.2039$   $V_d = 309.22 \text{ Tn}$

$\mu = 2.566$

$\beta_{eff} = 12.79\%$

$d_p = 1.0586 \text{ cm}$

### -Sismo de Pr 975 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

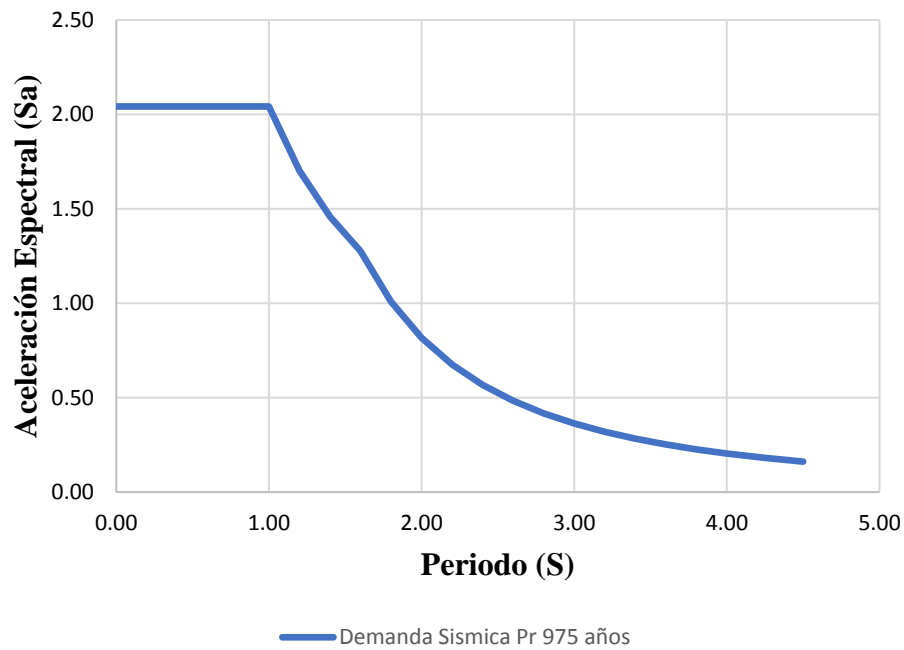
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

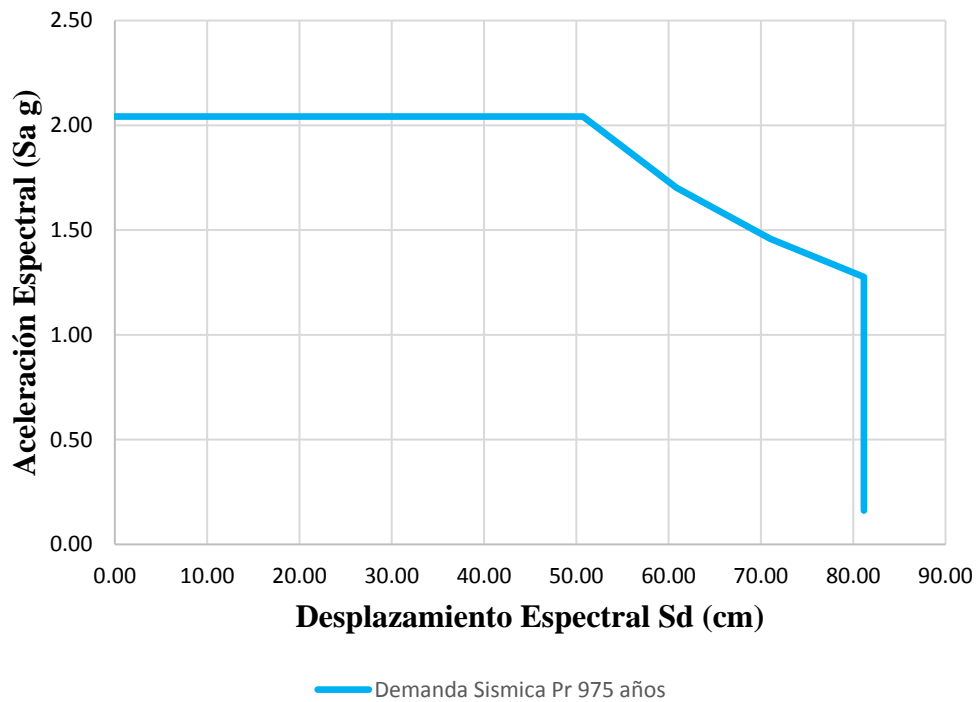
Espectro de Demanda Sísmica de Pr 975 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia



### Espectro de Demanda Sísmica de Pr 975 convertida en ADRS años



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.44 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.3635 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.3840 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.4550 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.11 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = \mathbf{0.1236}$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 2.997$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.194 \text{ s}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = \mathbf{15.78\%}$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.41$$

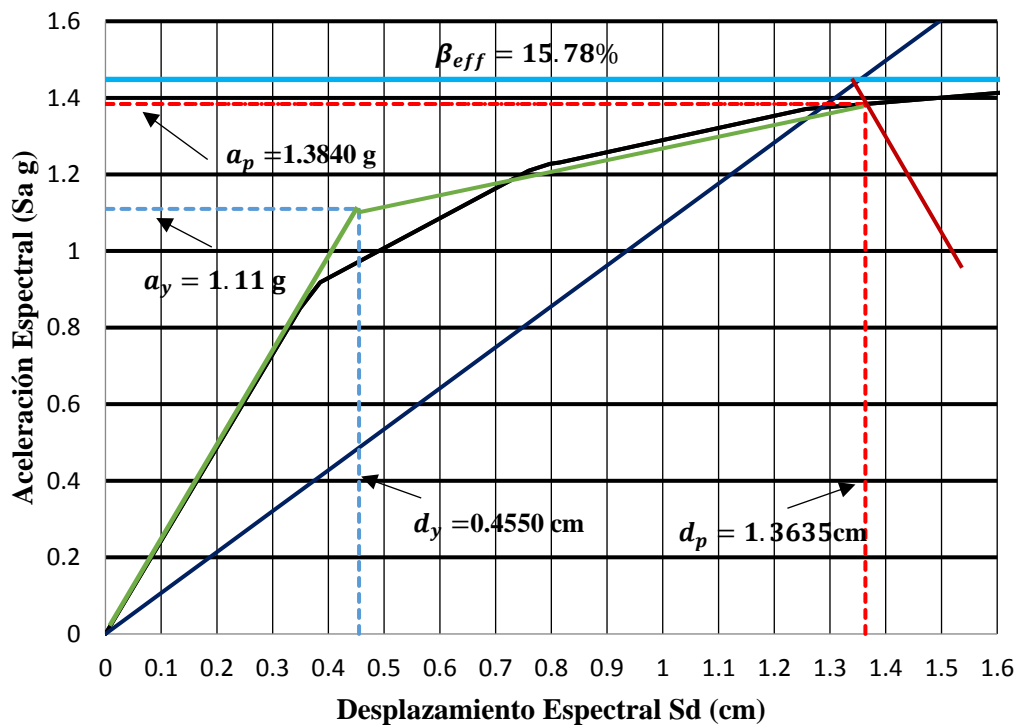
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots 1.6$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.1069
0.2	0.2139
0.3	0.3208
0.4	0.4277
0.5	0.5346
0.6	0.6416
0.7	0.7485
0.8	0.8554
0.9	0.9623
1.0	1.0693
1.1	1.1762
1.2	1.2831
1.3	1.3901
1.4	1.4970
1.5	1.6039
1.6	1.7108

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 975 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

### Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - - - -	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - - - -	$B_{eff}$ (15.78%)	—

### Punto de Desempeño

$$d_p = 1.3635 \text{ cm} \quad a_p = 1.3840 \text{ g} \quad \mathbf{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$1.2953 \leq 1.3635 \leq 1.4317$$

### Resultados Finales

$$T_o = 0.13 \text{ S} \quad a_p = 1.3840 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.194 \text{ S} \quad \Delta_d = 1.4967 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.1236 \quad V_d = 324.18 \text{ Tn}$$

$$\mu = 2.997$$

$$\beta_{eff} = 15.78\%$$

$$d_p = 1.3635 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr 1500 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

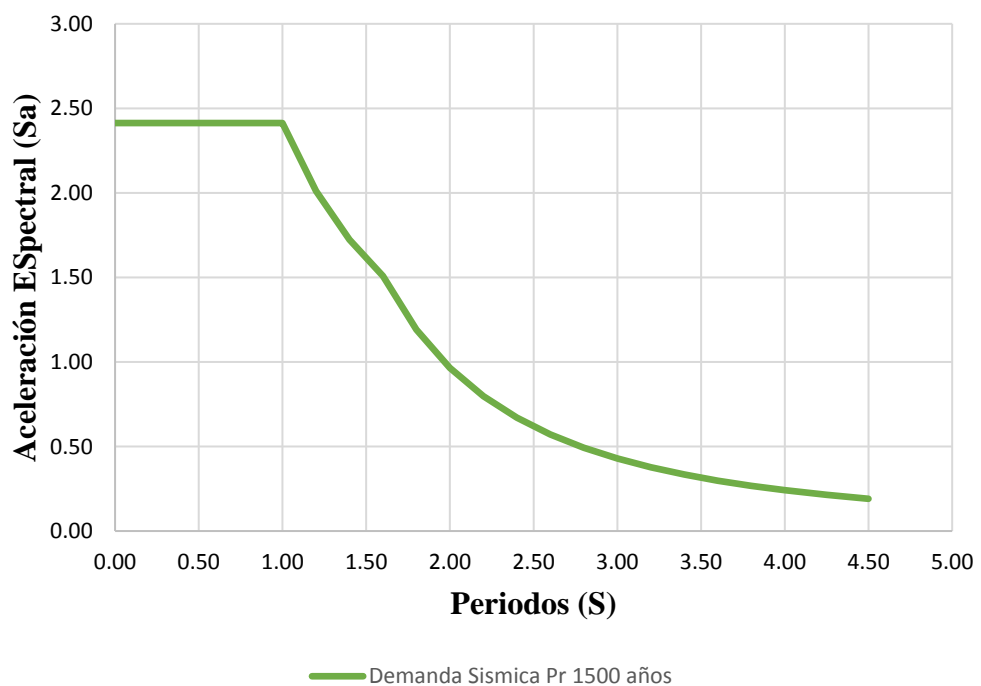
R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

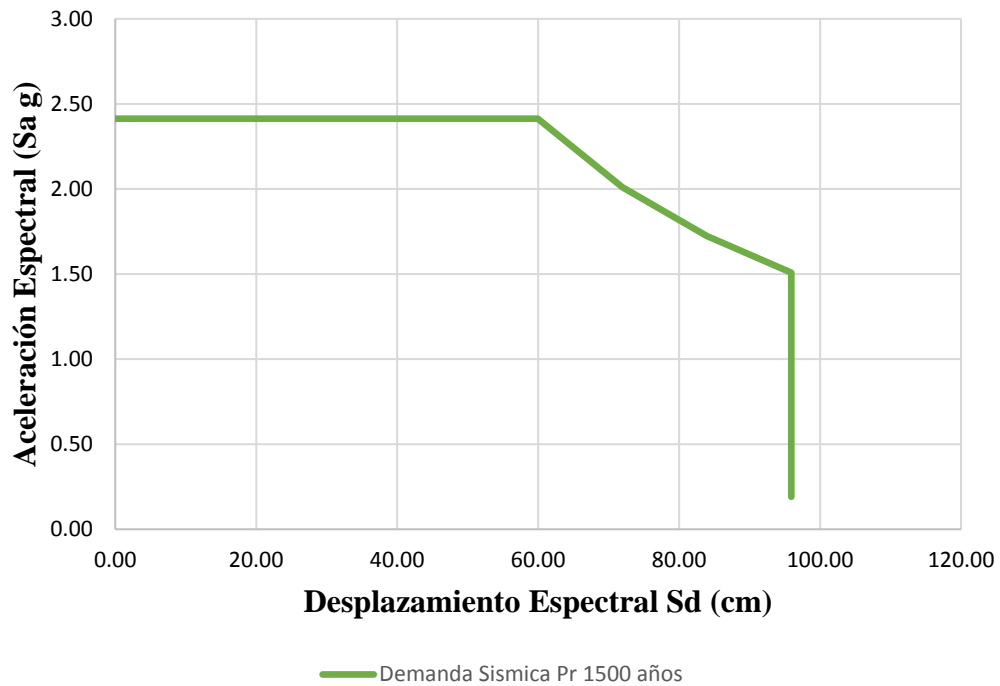
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Espectro de Demanda Sísmica de 1500 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia

### Espectro de Demanda Sísmica de Pr 1500 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.44g/m$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.8634cm$$

$$a_{pi} = 1.4447g$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.5481cm$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.34g$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.0326$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 3.40$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.215$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 18\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.47$$

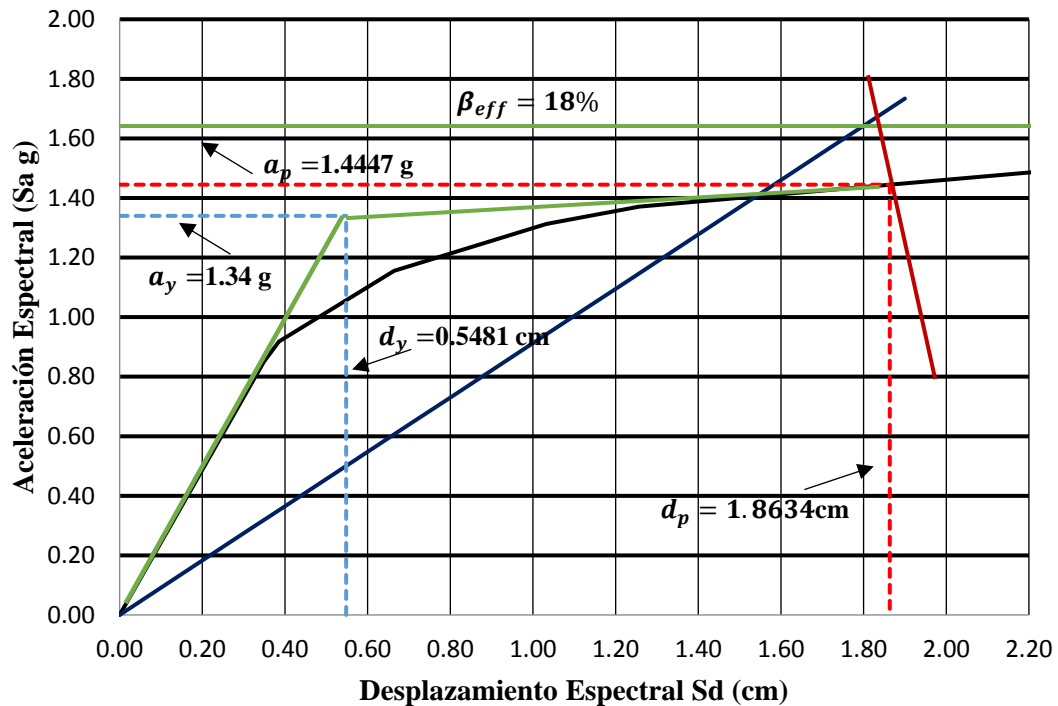
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots 1.9$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0913
0.2	0.1825
0.3	0.2738
0.4	0.3650
0.5	0.4563
0.6	0.5475
0.7	0.6388
0.8	0.7300
0.9	0.8213
1.0	0.9125
1.1	1.0038
1.2	1.0950
1.3	1.1863
1.4	1.2776
1.5	1.3688
1.6	1.4601
1.7	1.5513
1.8	1.6426
1.9	1.7338

Punto de Desempeño para un sismo de Pr 1500 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) ————  $D_y, A_y$  ————  $T_{eff}$  ————  
 $S_d$  (cm) ————  $D_p, A_p$  - - - - -  $\beta_{eff}$  (18%) ————

Punto de Desempeño

$d_p = 1.8634$  cm  $a_p = 1.4447$  g **OK**

$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$

$1.7702 \leq 1.8634 \leq 1.9566$

Resultados Finales

$T_0 = 0.13$  s  $a_p = 1.4447$  g

$T_{eff} = 0.21$  s  $\Delta_d = 2.03$  cm

$\alpha = 0.0326$   $V_d = 339.32$  Tn

$\mu = 3.40$

$\beta_{eff} = 18\%$

$d_p = 1.8634$  cm

### -Sismo de Pr 2500 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.66

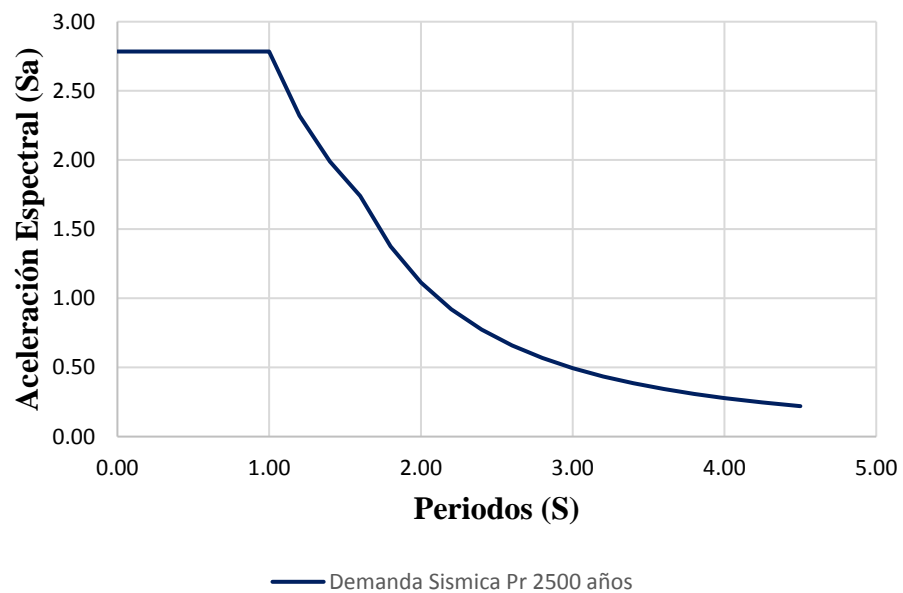
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

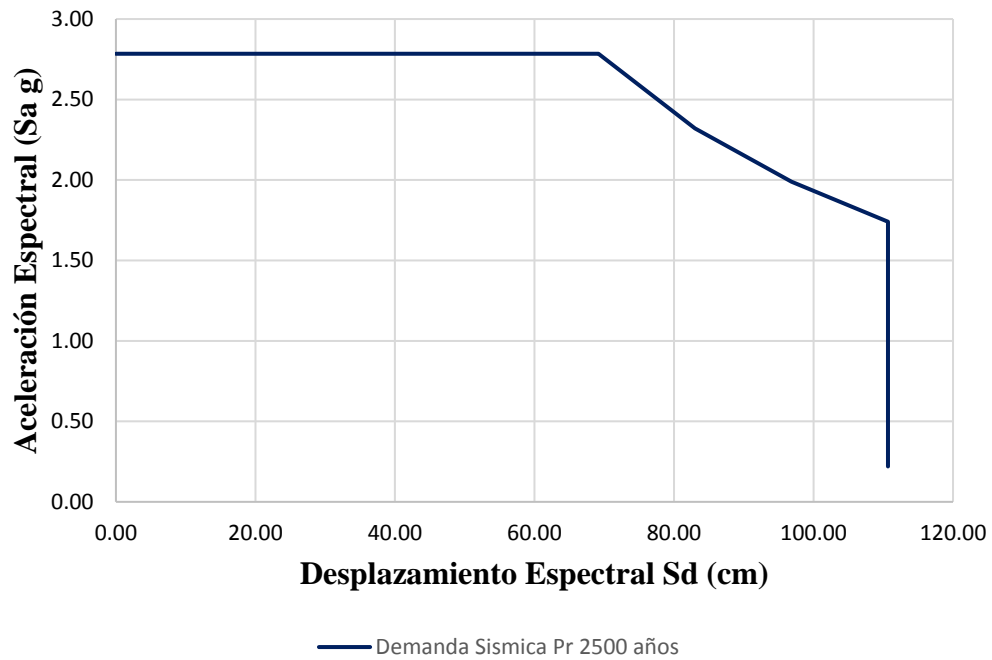
Espectro de Demanda Sísmica de 2500 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia



### Espectro de Demanda Sísmica de Pr 2500 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 2.44 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 2.3632 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.5054 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.5908 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.44 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sismica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.0151$$

Ductilidad :

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 4$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.225$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 20\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.54$$

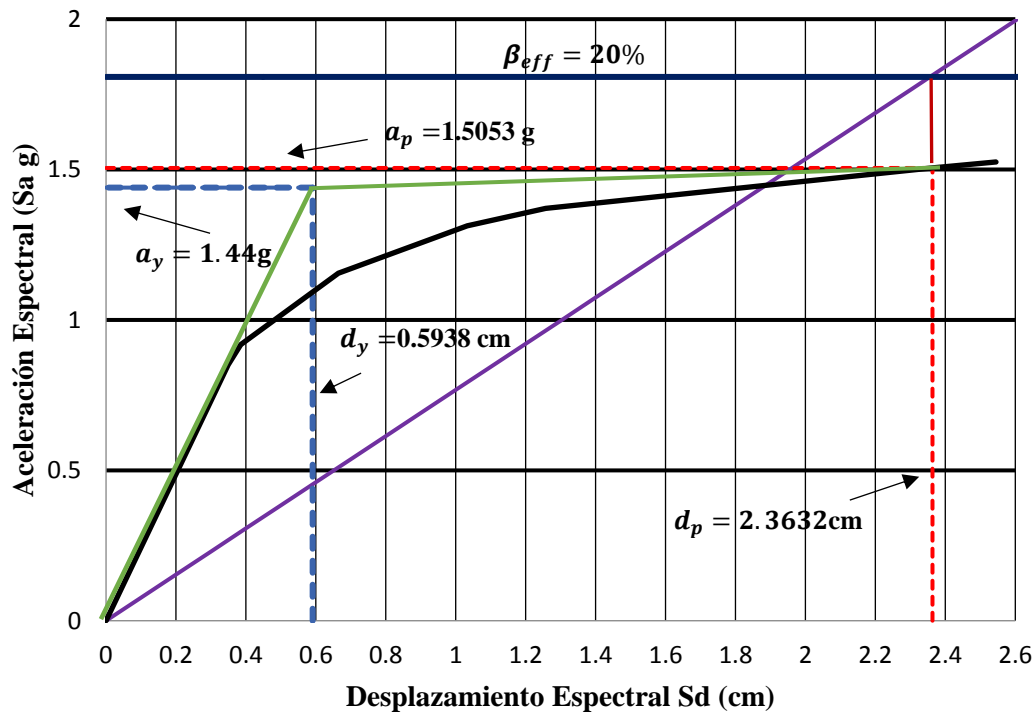
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0767
0.2	0.1535
0.3	0.2302
0.4	0.3070
0.5	0.3837
0.6	0.4604
0.7	0.5372
0.8	0.6139
0.9	0.6907
1.0	0.7674
1.1	0.8441
1.2	0.9209
1.3	0.9976
1.4	1.0744
1.5	1.1511
1.6	1.2278
1.7	1.3046
1.8	1.3813
1.9	1.4581
2.0	1.5348
2.1	1.6115
2.2	1.6883
2.3	1.7650
2.4	1.8418
2.5	1.9185
2.6	1.9952
2.7	2.0720

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 2500 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

### Leyenda

$S_a$  (g) —————  $D_y, A_y$  - - - - -  $T_{eff}$  —————  
 $S_d$  (cm) —————  $D_p, A_p$  - - - - -  $\beta_{eff}$  (20%) —————

### Punto de Desempeño

$$d_p = 2.3632 \text{ cm} \quad a_p = 1.5053 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$2.2450 \leq 2.3632 \leq 2.4814$$

### Resultados Finales

$$T_0 = 0.129 \text{ s} \quad a_p = 1.5053 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.22 \text{ s} \quad \Delta_d = 2.5636 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.0150 \quad V_d = 354.47 \text{ Tn}$$

$$\mu = 4$$

$$\beta_{eff} = 20\%$$

$$d_p = 2.3632 \text{ cm}$$

## DIRECCIÓN XX

### 2. Desarrollo del Módulo V

#### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 2

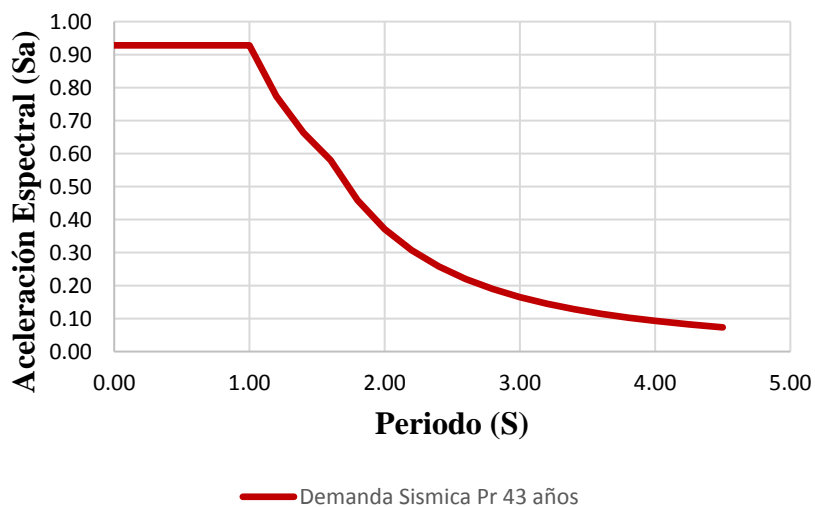
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

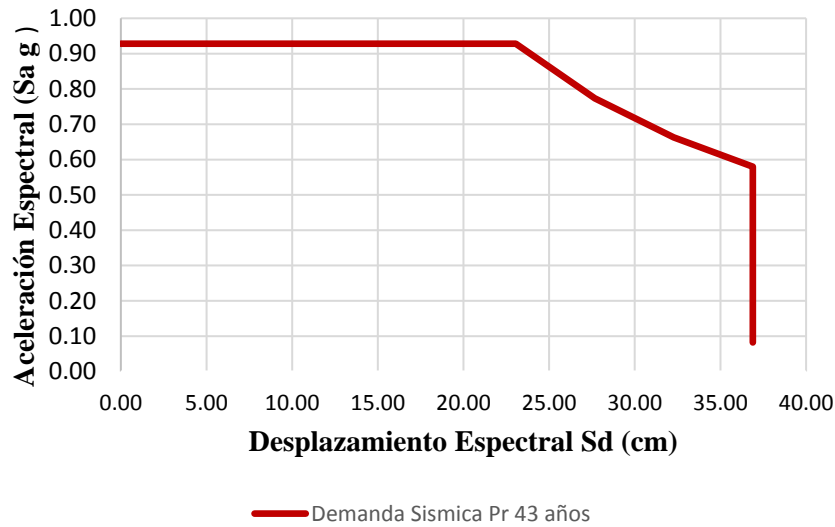
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia

## Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.076 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 0.9035 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.8998 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.5372 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.5780 \text{ g}$$

Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left( \frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y} \right)}{\left( \frac{a_y}{d_y} \right)}$$

$$\alpha = 0.8165$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.682$$

Periodo Efectivo:

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.20 S$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 6.93$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.09$$

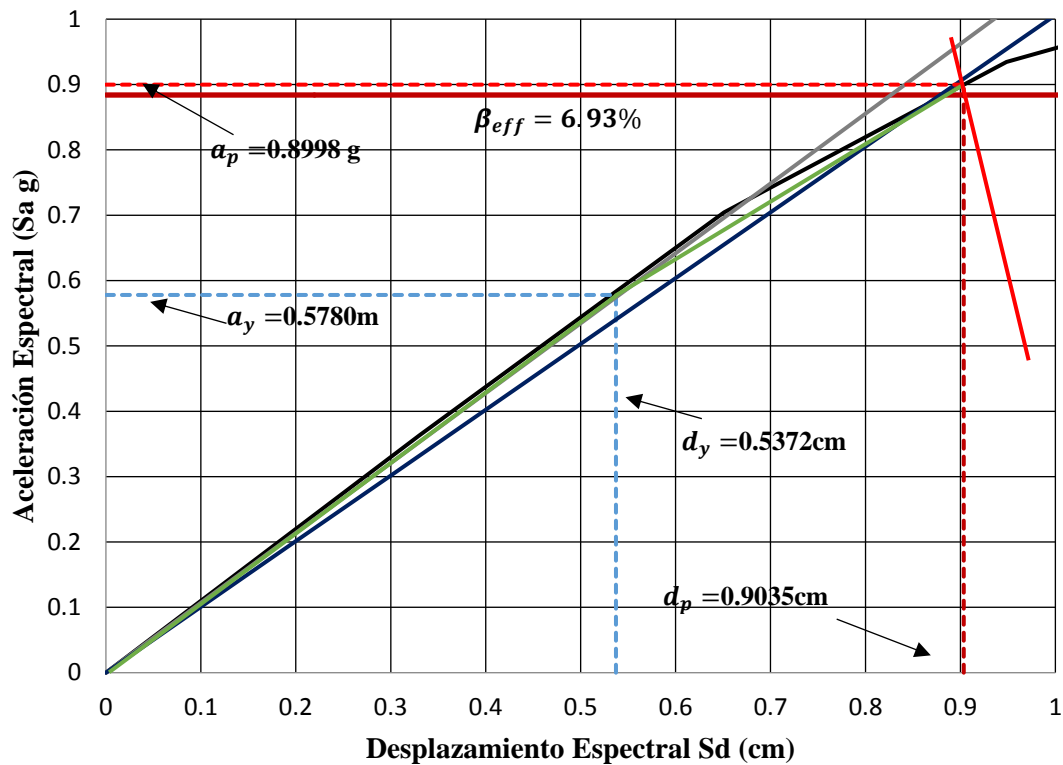
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots 0.6$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0939
0.2	0.1878
0.3	0.2818
0.4	0.3757
0.5	0.4696
0.6	0.5635
0.7	0.6574
0.8	0.7513
0.9	0.8453
1.0	0.9392
1.1	1.0331
1.2	1.127

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 43 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

### Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - -	$T_{eff} (6.93\%)$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - -	$T_{eff} (5\%)$	—
		$B_{eff} (6.93\%)$	—		

### Punto de Desempeño

$$d_p = 0.9035 \text{ cm} \quad a_p = 0.8998 \text{ g} \quad \mathbf{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$0.8583 \leq 0.9035 \leq 0.9487$$

### Resultados Finales

$$T_0 = 0.20 \text{ S} \quad a_p = 0.8998 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.20 \text{ S} \quad \Delta_d = 1.1672 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.8165 \quad V_d = 658.47 \text{ Tn}$$

$$\mu = 1.682$$

$$\beta_{eff} = 6.93$$

$$d_p = 0.9035 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr de 72 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

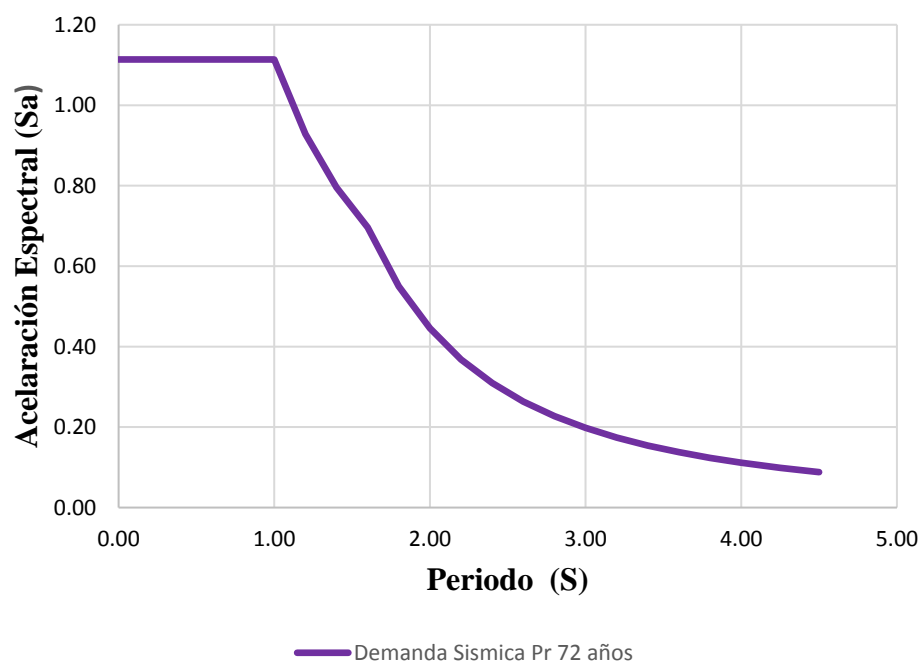
R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

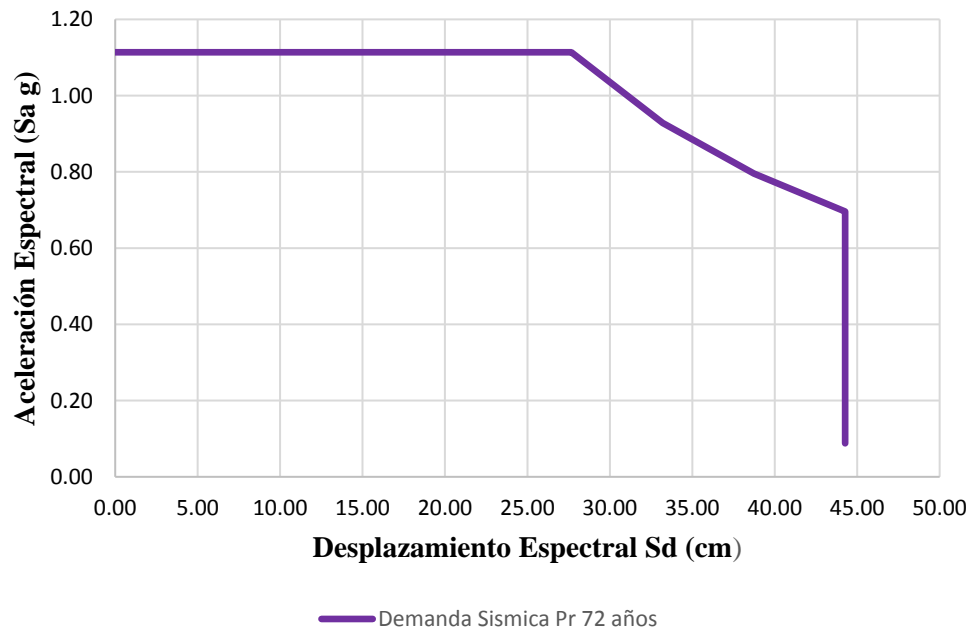
Espectro de Demanda Sísmica de Pr 72 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia



### Espectro de Demanda Sísmica de Pr 72 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.076 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.0956 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.9948 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.6445 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.6934 \text{ g}$$

Reducción de la demanda sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.6210$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.70$$

Periodo Efectivo:

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.208 \text{ S}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 7.02$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.09$$

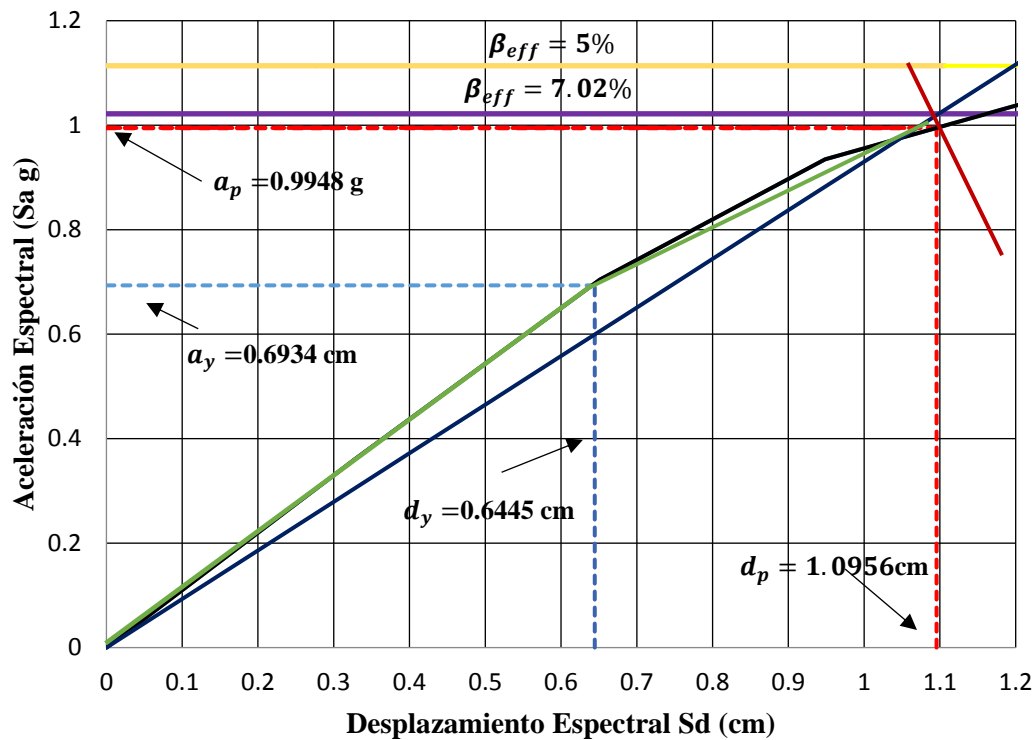
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0930
0.2	0.1860
0.3	0.2791
0.4	0.3721
0.5	0.4651
0.6	0.5581
0.7	0.6511
0.8	0.7441
0.9	0.8372
1.0	0.9302
1.1	1.0232
1.2	1.1162
1.3	1.2092

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 72 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

### Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	---	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	---	$B_{eff} (5\%)$	—
		$B_{eff} (7.02\%)$	---		

### Punto de Desempeño

$$d_p = 1.0956 \text{ cm} \quad a_p = 0.9948 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$1.0408 \leq 1.0956 \leq 1.1504$$

### Resultados Finales

$$T_o = 0.192 \text{ S} \quad a_p = 0.9948 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.208 \text{ S} \quad \Delta_d = 1.4067 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.6210 \quad V_d = 720.47 \text{ Tn}$$

$$\mu = 1.70$$

$$\beta_{eff} = 7.02$$

$$d_p = 1.0956 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr de 475 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1

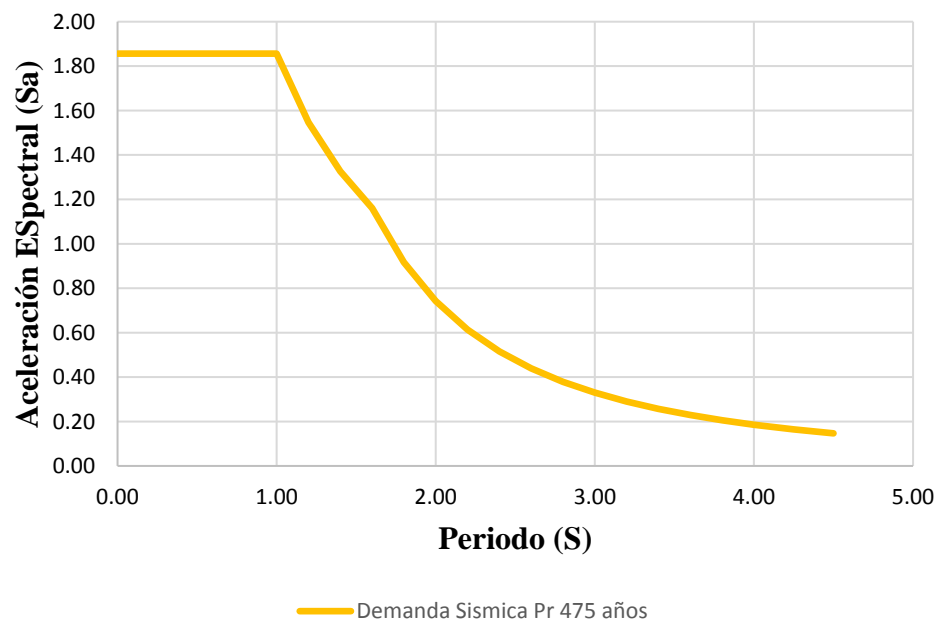
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

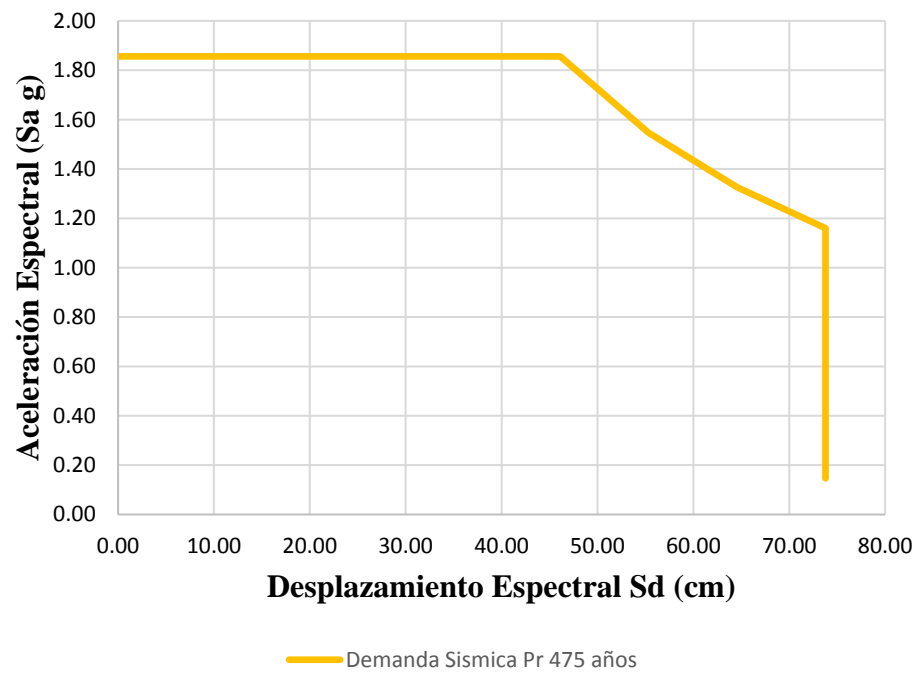
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 475 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 475 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.076 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 2.6455 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.3259 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.9041 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.9728 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sismica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.1884$$

Ductilidad :

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 2.926$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.282 S$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 15.31\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.39$$

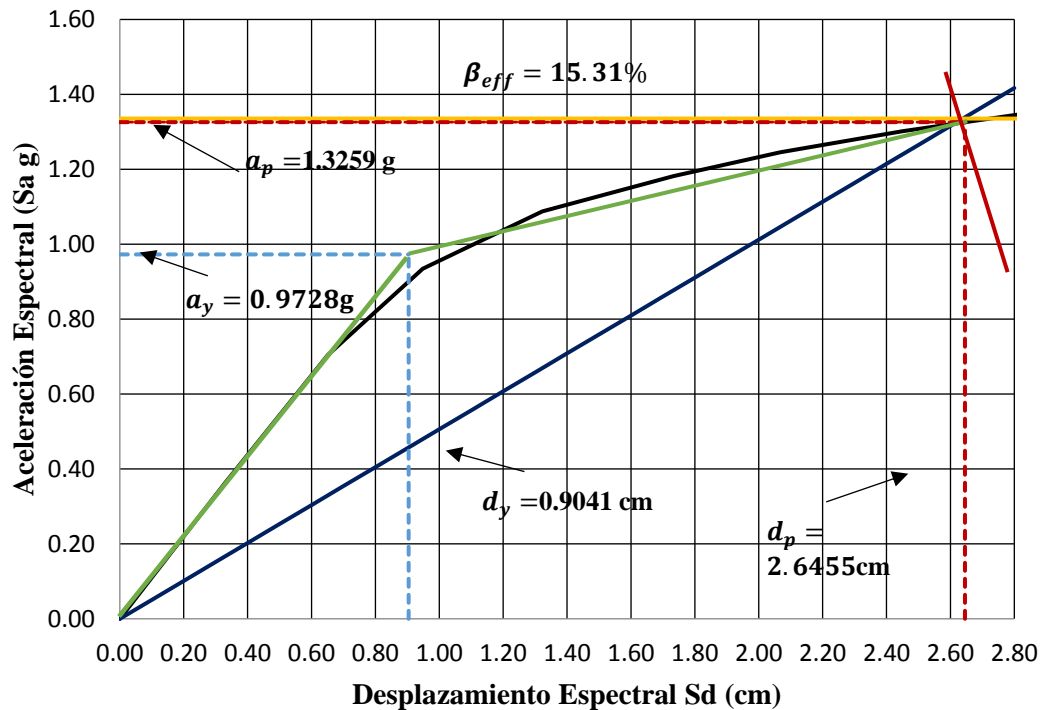
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$	$d_T$	$T_{eff}$
0	0	1.5	0.7591
0.1	0.0506	1.6	0.8097
0.2	0.1012	1.7	0.8603
0.3	0.1518	1.8	0.9109
0.4	0.2024	1.9	0.9615
0.5	0.253	2.0	1.0121
0.6	0.3036	2.1	1.0627
0.7	0.3542	2.2	1.1133
0.8	0.4048	2.3	1.1639
0.9	0.4554	2.4	1.2145
1	0.506	2.5	1.2651
1.1	0.5567	2.6	1.3157
1.2	0.6073	2.7	1.3663
1.3	0.6579	2.8	1.4169
1.4	0.7085	2.9	1.4675

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 475 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) ———  $D_y, A_y$  ———  $T_{eff}$  ———  
 $S_d$  (cm) ———  $D_p, A_p$  - - -  $B_{eff}$  (15.31%) ———

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 2.6455 \text{ cm} \quad a_p = 1.3259 g \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$2.5132 \leq 2.6455 \leq 2.7778$$

#### Resultados Finales

$$T_0 = 0.192 \text{ s} \quad a_p = 1.3259 g$$

$$T_{eff} = 0.282 \text{ s} \quad \Delta_d = 3.5082 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.1884 \quad V_d = 927.59 \text{ Tn}$$

$$\mu = 2.926$$

$$\beta_{eff} = 15.31\%$$

$$d_p = 2.6455 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr 975 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

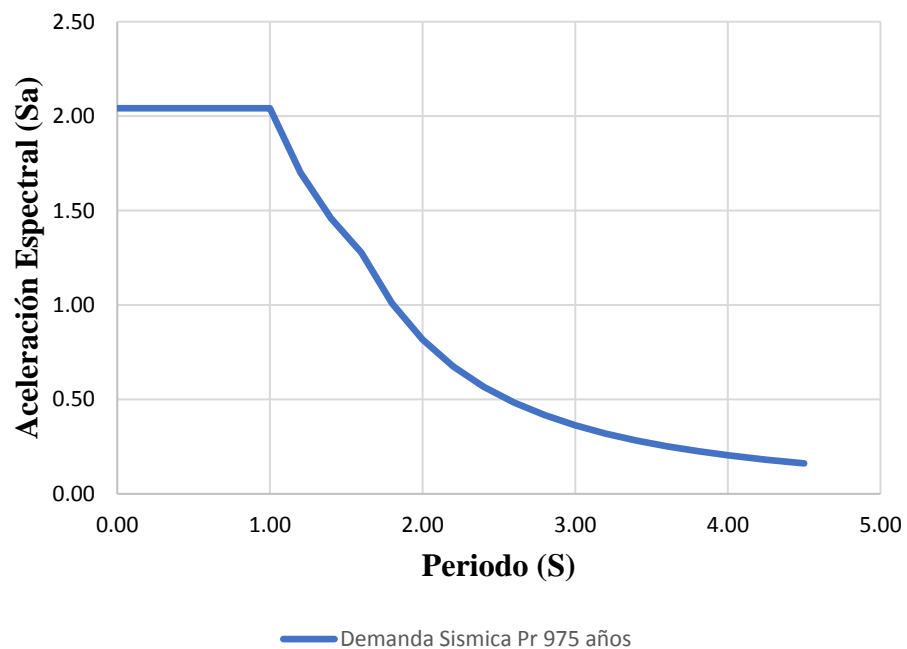
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

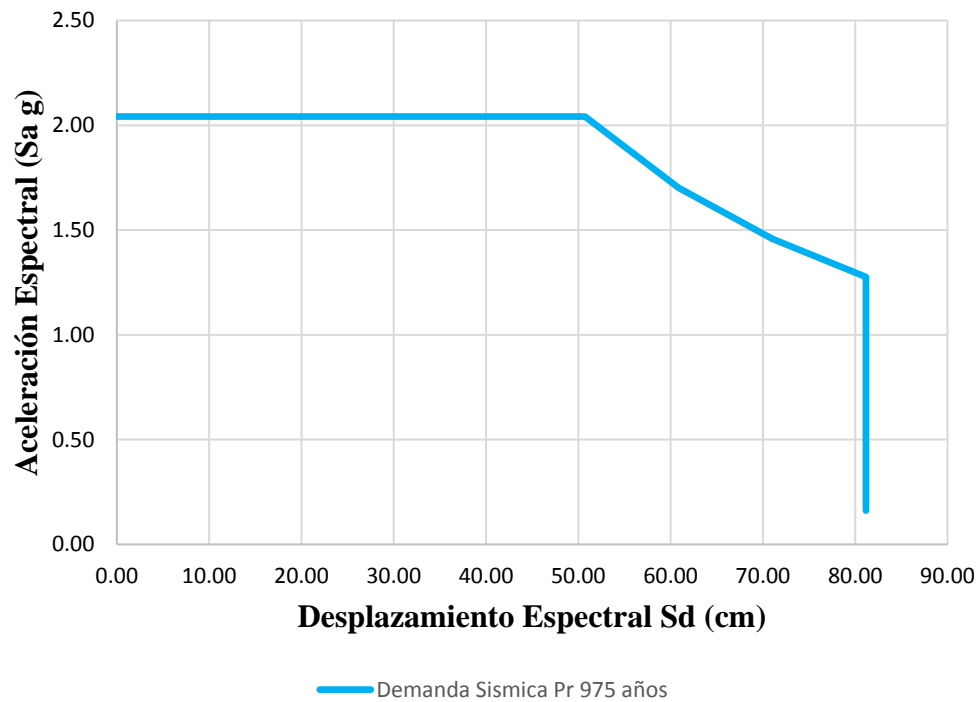
Espectro de Demanda Sismica de Pr 975 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia



Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 975 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.076 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 3.7487 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.4314 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.9970 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.07 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sismica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.1224$$

Ductilidad :

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 3.76$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.33 S$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 19.19\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.51$$

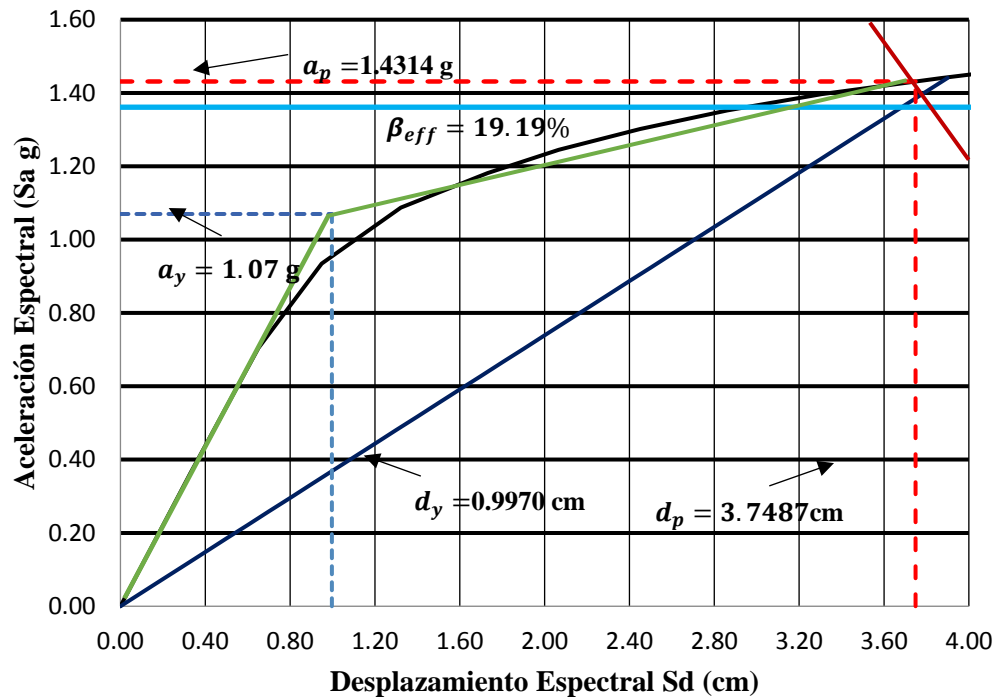
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$	$d_T$	$T_{eff}$
0	0	2	0.7391
0.1	0.0370	2.1	0.7760
0.2	0.0739	2.2	0.8130
0.3	0.1109	2.3	0.8499
0.4	0.1478	2.4	0.8869
0.5	0.1848	2.5	0.9239
0.6	0.2217	2.6	0.9608
0.7	0.2587	2.7	0.9978
0.8	0.2956	2.8	1.0347
0.9	0.3326	2.9	1.0717
1	0.3695	3.0	1.1086
1.1	0.4065	3.1	1.1456
1.2	0.4434	3.2	1.1825
1.3	0.4804	3.3	1.2195
1.4	0.5174	3.4	1.2564
1.5	0.5543	3.5	1.2934
1.6	0.5913	3.6	1.3303
1.7	0.6282	3.7	1.3673
1.8	0.6652	3.8	1.4043
1.9	0.7021	3.9	1.4412

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 975 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) ———  $D_y, A_y$  - - - - -  $T_{eff}$  ———  
 $S_d$  (cm) ———  $D_p, A_p$  - - - - -  $\beta_{eff}$  ( 19.19%) ———

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 3.7487 \text{ cm} \quad a_p = 1.4314 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$3.5613 \leq 3.7487 \leq 3.9361$$

#### Resultados Finales

$$T_o = 0.192S \quad a_p = 1.4314 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.33 S \quad \Delta_d = 4.6985 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.1224 \quad V_d = 995.37 \text{ Tn}$$

$$\mu = 3.76$$

$$\beta_{eff} = 19.19\%$$

$$d_p = 3.7487 \text{ cm}$$

**-Sismo de Pr 1500 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

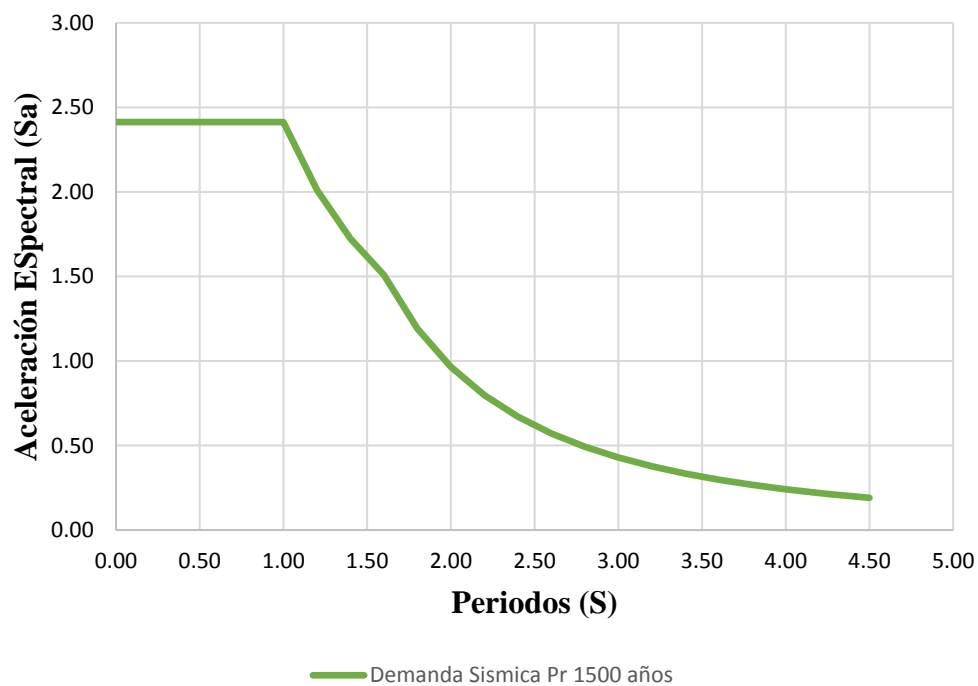
R: 1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

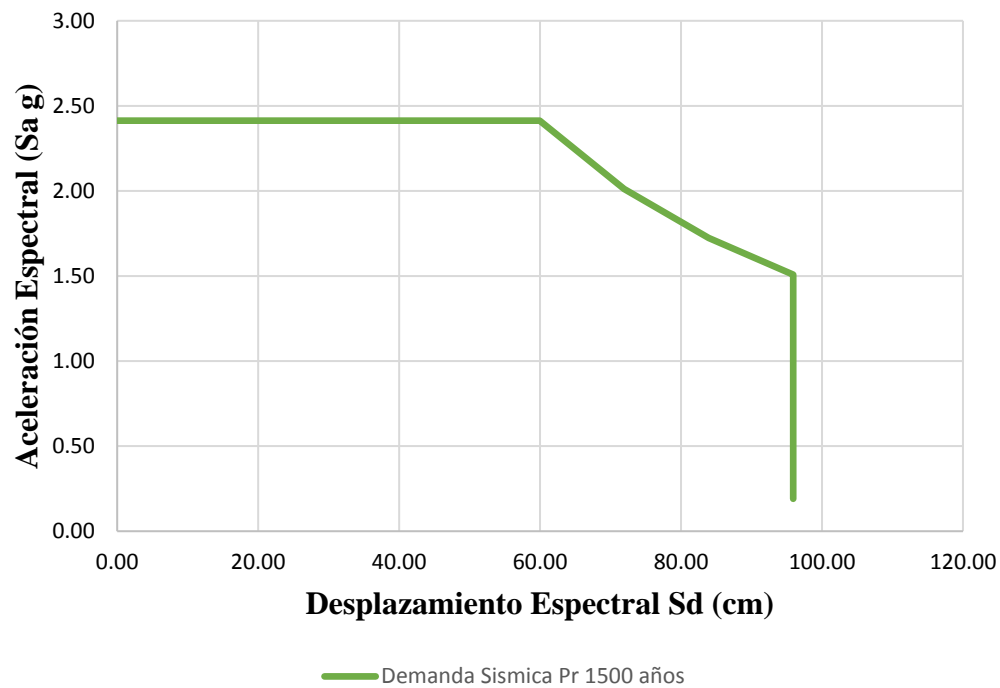
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de 1500 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia

### Espectro de Demanda sísmica de Pr 1500 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.076 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 4.3392 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.4740 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 1.0848 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.1672 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sismica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.0876$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 4$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.3325$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 19.93\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

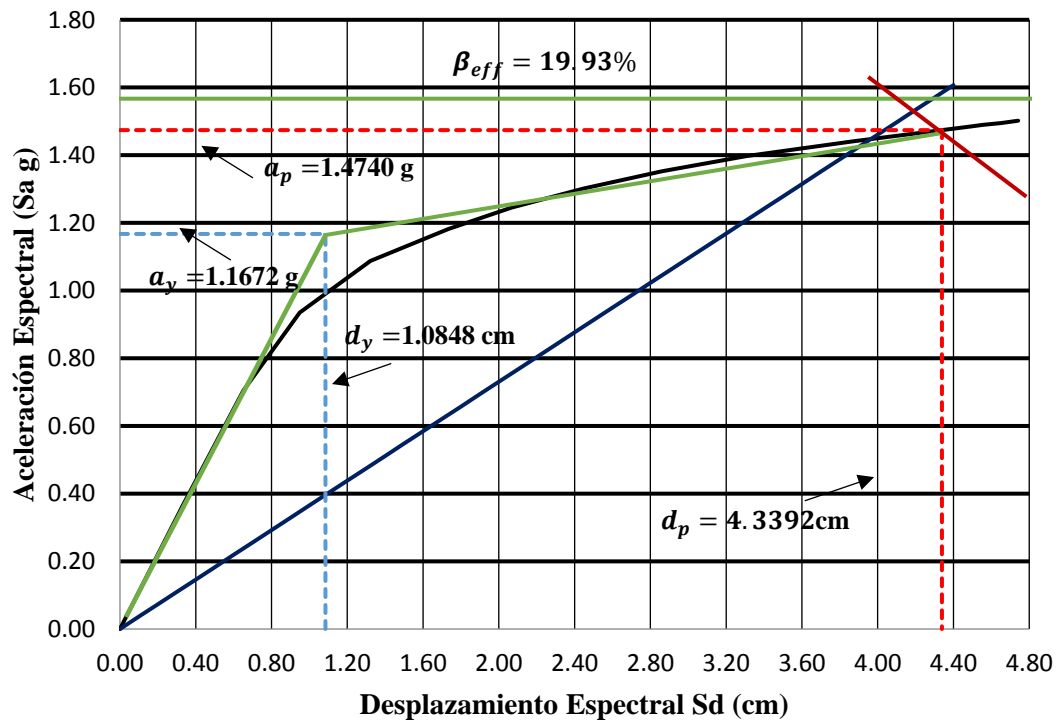
$$B = 1.54$$

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0365
0.2	0.0730
0.3	0.1096
0.4	0.1461
0.5	0.1825
0.6	0.2191
0.7	0.2556
0.8	0.2922
0.9	0.3287
1.0	0.3652
1.1	0.4017
1.2	0.4382
1.3	0.4747
1.4	0.5113
1.5	0.5478
1.6	0.5843
1.7	0.6208
1.8	0.6573
1.9	0.6939

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 1500 años en el sentido X



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) —————  $D_y, A_y$  - - - - -  $T_{eff}$  —————  
 $S_d$  (cm) —————  $D_p, A_p$  - - - - -  $\beta_{eff}$  ( 19.93%) —————

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 4.3392 \text{ cm} \quad a_p = 1.4740 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$4.1222 \leq 4.3392 \leq 4.5562$$

#### Resultados Finales

$$T_0 = 0.187 \text{ s} \quad a_p = 1.4740 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.332 \text{ s} \quad \Delta_d = 5.2654 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.0326 \quad V_d = 1020.69 \text{ Tn}$$

$$\mu = 4$$

$$\beta_{eff} = 19.93\%$$

$$d_p = 4.3392 \text{ cm}$$

## DIRECCION YY

### 2. Desarrollo del Módulo V

#### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 2

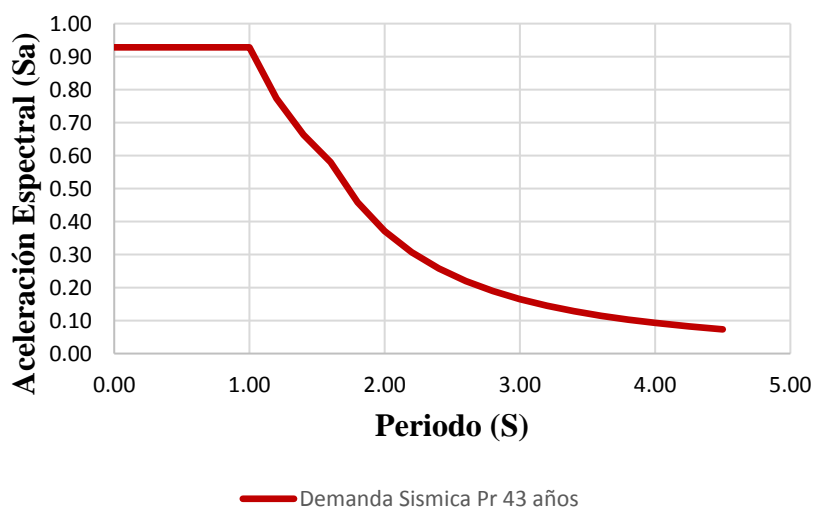
R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

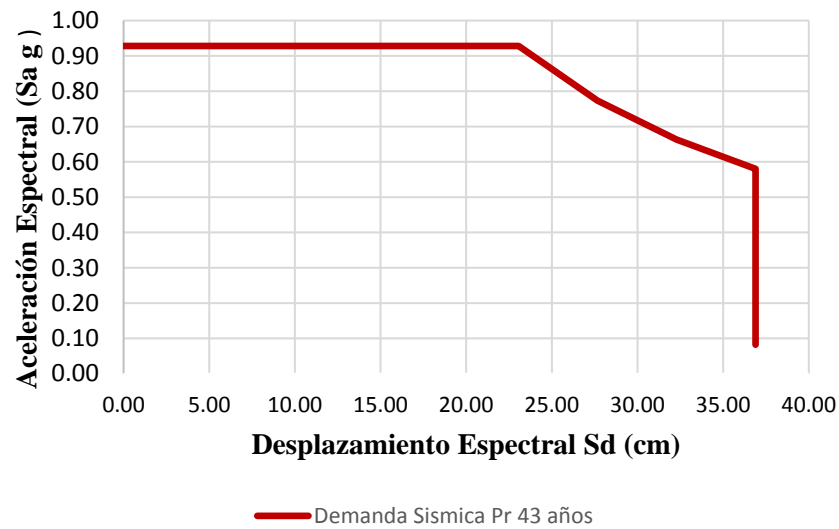
Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia



Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 43 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.078 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 0.9021 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.8995 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.5412 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.5834 \text{ g}$$

Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left( \frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y} \right)}{\left( \frac{a_y}{d_y} \right)}$$

$$\alpha = 0.8125$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.667$$

Periodo Efectivo:

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o \quad 0.191$$

$$T_{eff} = 0.206 \text{ s}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 6.85$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.09$$

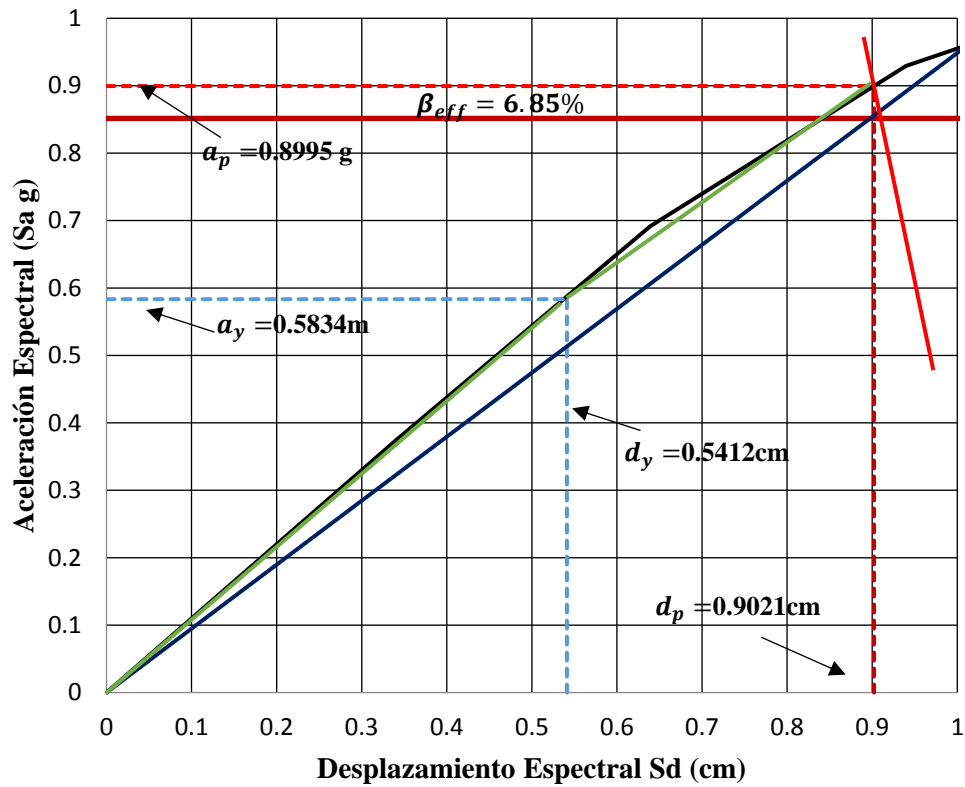
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots 0.6$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0948
0.2	0.1897
0.3	0.2845
0.4	0.3793
0.5	0.4762
0.6	0.5690
0.7	0.6638
0.8	0.7587
0.9	0.8535
1.0	0.9483
1.1	1.0432
1.2	1.1380

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 43 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - - - -	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - - - -	$\beta_{eff}$ ( 6.85%)	—

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 0.9021 \text{ cm} \quad a_p = 0.8995 \text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$0.8570 \leq 0.9021 \leq 0.9472$$

#### Resultados Finales

$$T_o = 0.191 \text{ S} \quad a_p = 0.8995 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.206 \text{ S} \quad \Delta_d = 1.2529 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.8125 \quad V_d = 658.44 \text{ Tn}$$

$$\mu = 1.667$$

$$\beta_{eff} = 6.85$$

$$d_p = 0.9021 \text{ cm}$$

**-Sismo de Pr de 72 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

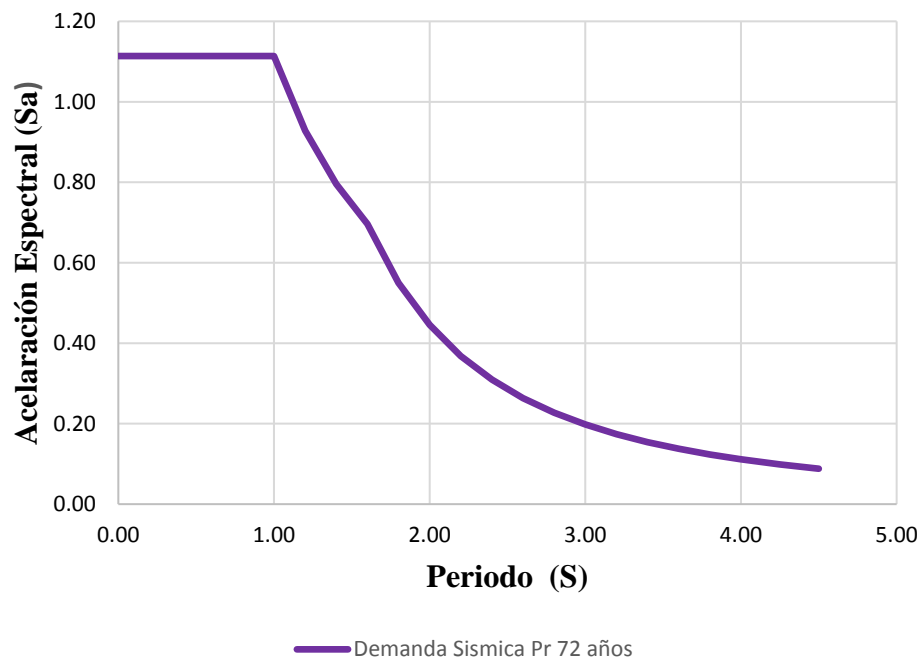
R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

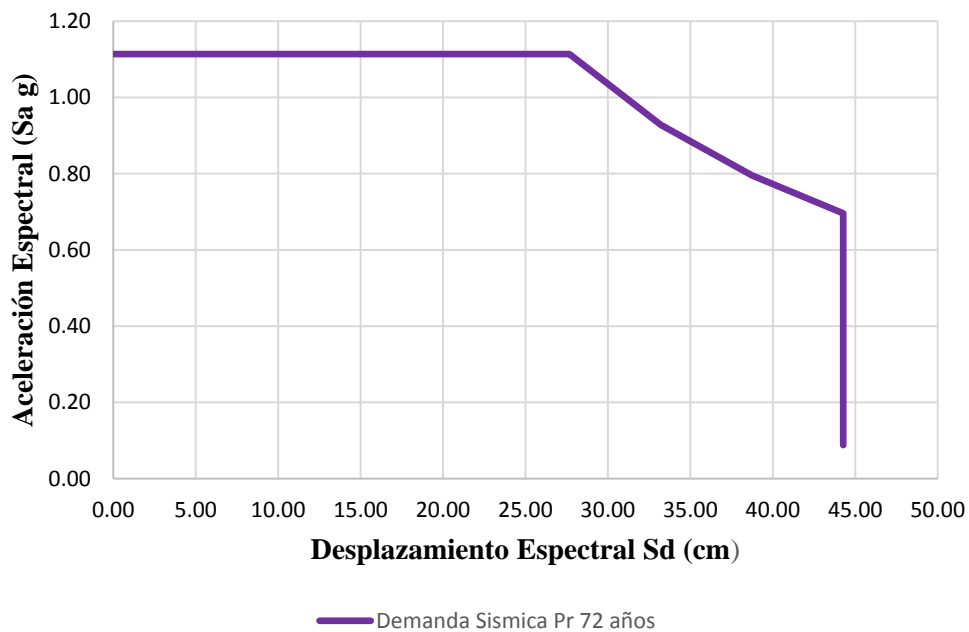
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 72 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de Demanda Sismica de Pr 72 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.078 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 1.0939 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 0.9952 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.6446 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.6949 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.62$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 1.697$$

Periodo Efectivo:

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.2075$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 7$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.09$$

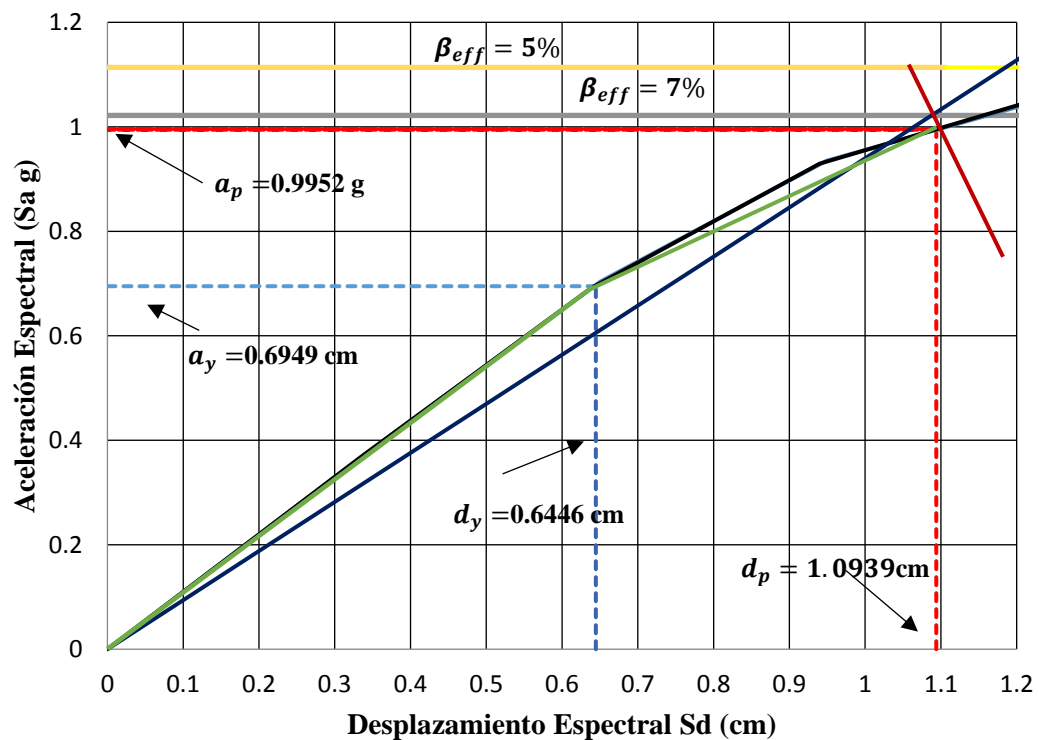
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0939
0.2	0.1878
0.3	0.2818
0.4	0.3757
0.5	0.4696
0.6	0.5635
0.7	0.6574
0.8	0.7513
0.9	0.8453
1.0	0.9392
1.1	1.0331
1.2	1.1270
1.3	1.22209

Figura: Punto de Desempeño para un Sismo de Pr 72 años en el Sentido Y



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) ———  $D_y, A_y$  ———  $T_{eff}$  ———  
 $S_d$  (cm) ———  $D_p, A_p$  - - -  $B_{eff}$  (5%) ———  
 $B_{eff}$  (7%) ———

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 1.0939 \text{ cm} \quad a_p = 0.9952 \text{ g} \quad \mathbf{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$1.0392 \leq 1.0939 \leq 1.1486$$

#### Resultados Finales

$$T_0 = 0.192 \text{ s} \quad a_p = 0.9948 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.207 \text{ s} \quad \Delta_d = 1.5343 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.62 \quad V_d = 720.83 \text{ Tn}$$

$$\mu = 1.697$$

$$\beta_{eff} = 7$$

$$d_p = 1.0939 \text{ cm}$$

**-Sismo de Pr de 475 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1

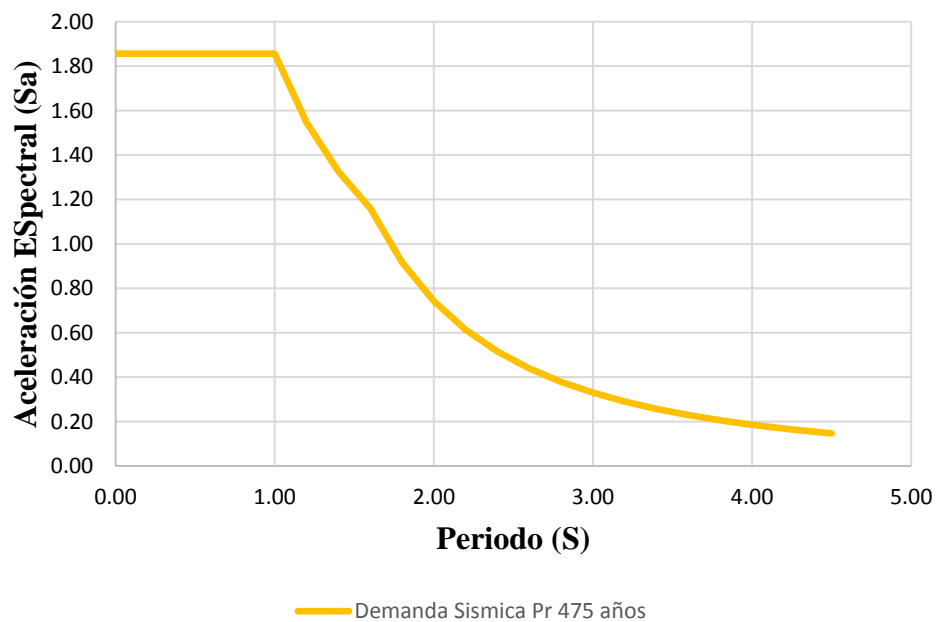
R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

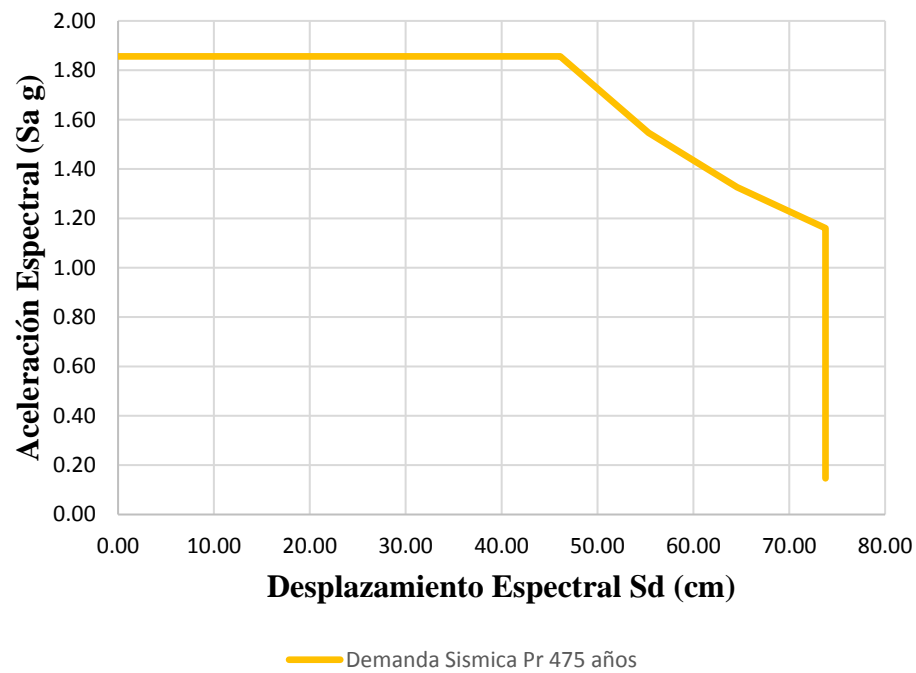
Figura: Espectro de Demanda sísmica de Pr 475 años en Sa (g) y T



Fuente: Elaboración propia



Figura: Espectro de Demanda sísmica de Pr 475 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.078 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 2.655 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.3271 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.9046 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 0.9751 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.1866$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 2.935$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.282 \text{ s}$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 15.38\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.40$$

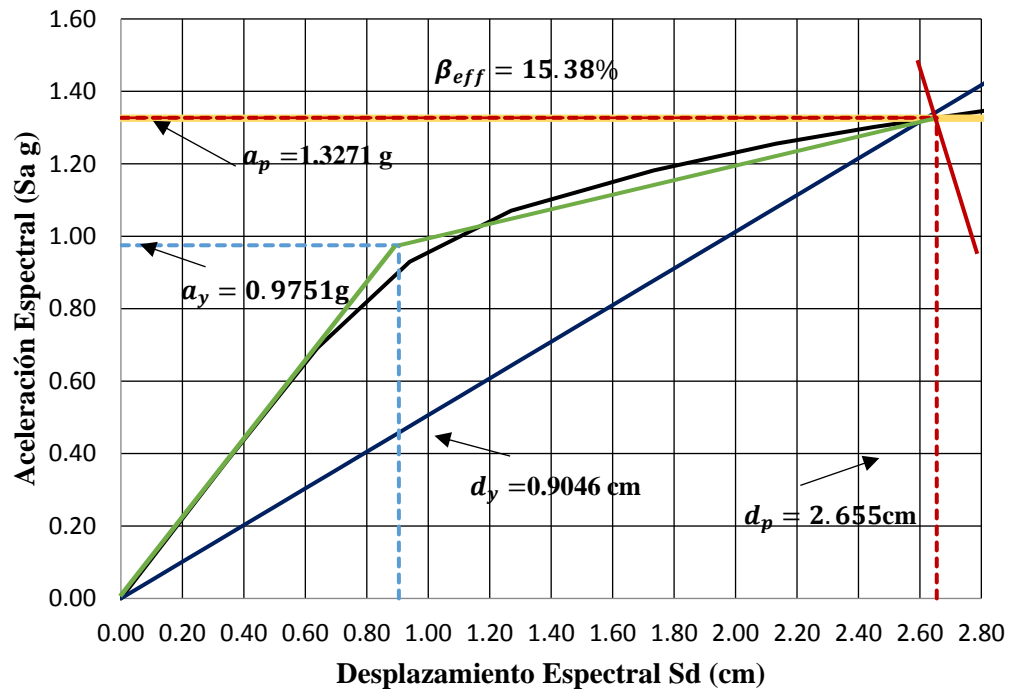
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$	$d_T$	$T_{eff}$
0	0	1.5	0.7593
0.1	0.0506	1.6	0.8099
0.2	0.1012	1.7	0.8605
0.3	0.1519	1.8	0.9111
0.4	0.2025	1.9	0.9617
0.5	0.2531	2	1.0124
0.6	0.3037	2.1	1.0630
0.7	0.3543	2.2	1.1136
0.8	0.4049	2.3	1.1642
0.9	0.4556	2.4	1.2148
1	0.5062	2.5	1.2655
1.1	0.5568	2.6	1.3161
1.2	0.6074	2.7	1.3667
1.3	0.6580	2.8	1.4173
1.4	0.7087	2.9	1.4679

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 475 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$  (g) ——— Dy,Ay ———— Teff ———  
 $S_d$  (cm) ——— Dp,Ap - - - - Beff ( 15.38%) ———

#### Punto de Desempeño

$d_p = 2.655$  cm  $a_p = 1.3271$  g **OK**

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$2.5223 \leq 2.655 \leq 2.7878$$

#### Resultados Finales

$$T_0 = 0.192$$
 S  $a_p = 1.3271$  g

$$T_{eff} = 0.282$$
 S  $\Delta_d = 3.6757$  cm

$$\alpha = 0.1866$$
  $V_d = 928.30$  Tn

$$\mu = 2.935$$

$$\beta_{eff} = 15.38\%$$

$$d_p = 2.655$$
 cm

### -Sismo de Pr 975 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

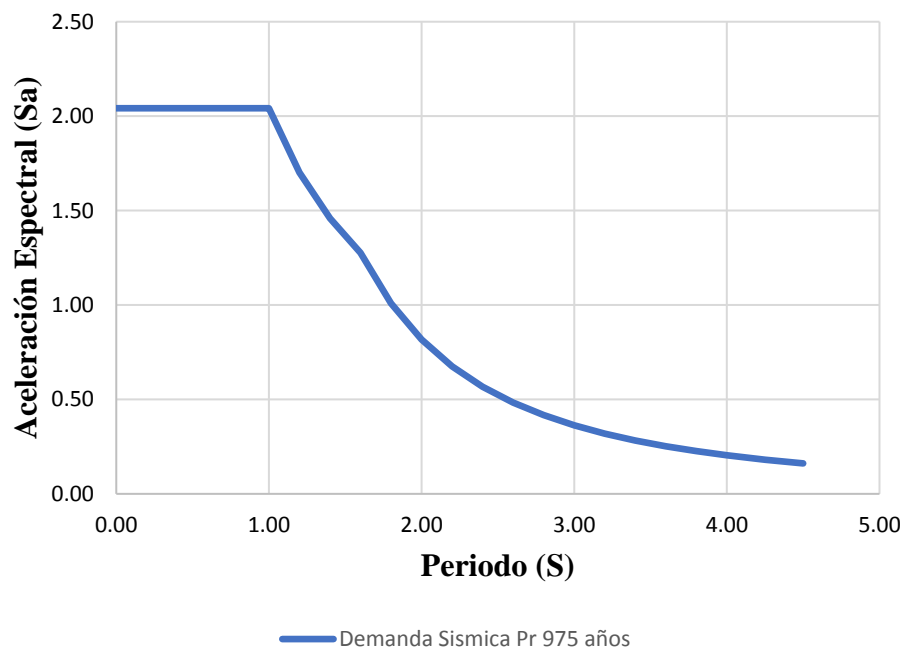
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

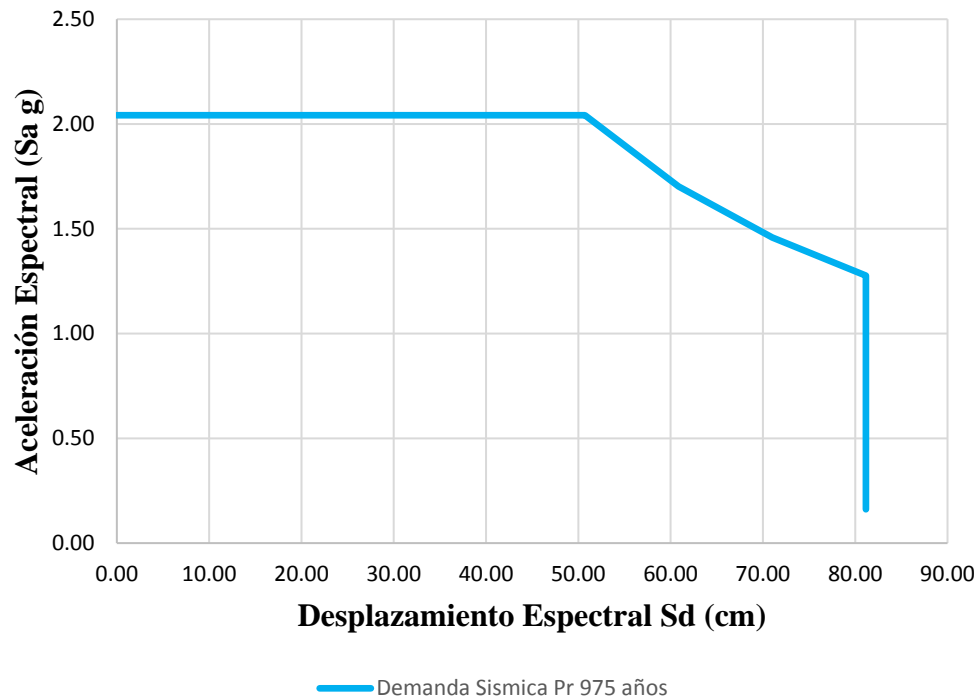
$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 975 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de Demanda Sísmica de Pr 975 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.078 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 3.7542 \text{ m}$$

$$a_{pi} = 1.4320 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 0.9846 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.06 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.1248$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 3.813$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.334 S$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 19.28\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.51$$

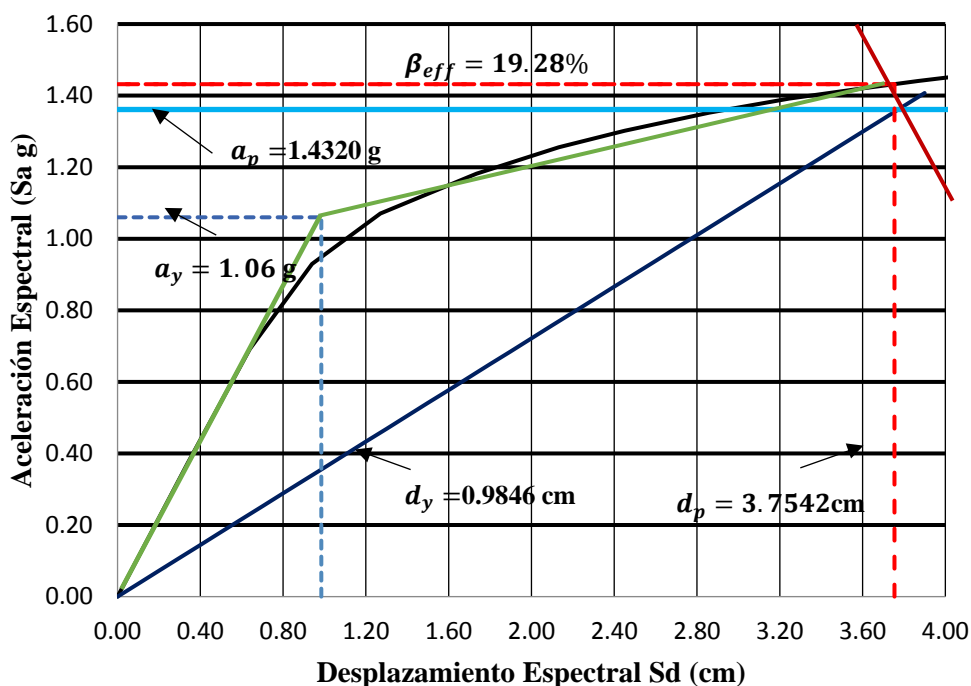
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$$

$d_T$	$T_{eff}$	$d_T$	$T_{eff}$
0	0	2	0.7217
0.1	0.0361	2.1	0.7578
0.2	0.0722	2.2	0.7938
0.3	0.1083	2.3	0.8299
0.4	0.1443	2.4	0.8660
0.5	0.1804	2.5	0.9021
0.6	0.2165	2.6	0.9382
0.7	0.2526	2.7	0.9743
0.8	0.2887	2.8	1.0103
0.9	0.3248	2.9	1.0464
1	0.3608	3.0	1.0825
1.1	0.3969	3.1	1.1186
1.2	0.4330	3.2	1.1547
1.3	0.4691	3.3	1.1908
1.4	0.5052	3.4	1.2268
1.5	0.5413	3.5	1.2629
1.6	0.5773	3.6	1.2990
1.7	0.6134	3.7	1.3351
1.8	0.6495	3.8	1.3712
1.9	0.6856	3.9	1.4073

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 975 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

### Leyenda

Sa (g)	—	Dy,Ay	- - - - -	Teff	—
Sd (cm)	—	Dp,Ap	- - - - -	Beff ( 19.28%)	—

### Punto de Desempeño

$d_p = 3.7542 \text{ cm}$   $a_p = 1.4320 \text{ g}$  **OK**

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$3.5665 \leq 3.7542 \leq 3.9419$$

### Resultados Finales

$$T_0 = 0.1925 \quad a_p = 1.4320 \text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.334 \text{ s} \quad \Delta_d = 5.4471 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.1248 \quad V_d = 995.92 \text{ Tn}$$

$$\mu = 3.813$$

$$\beta_{eff} = 19.28\%$$

$$d_p = 3.7542 \text{ cm}$$

### -Sismo de Pr 1500 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

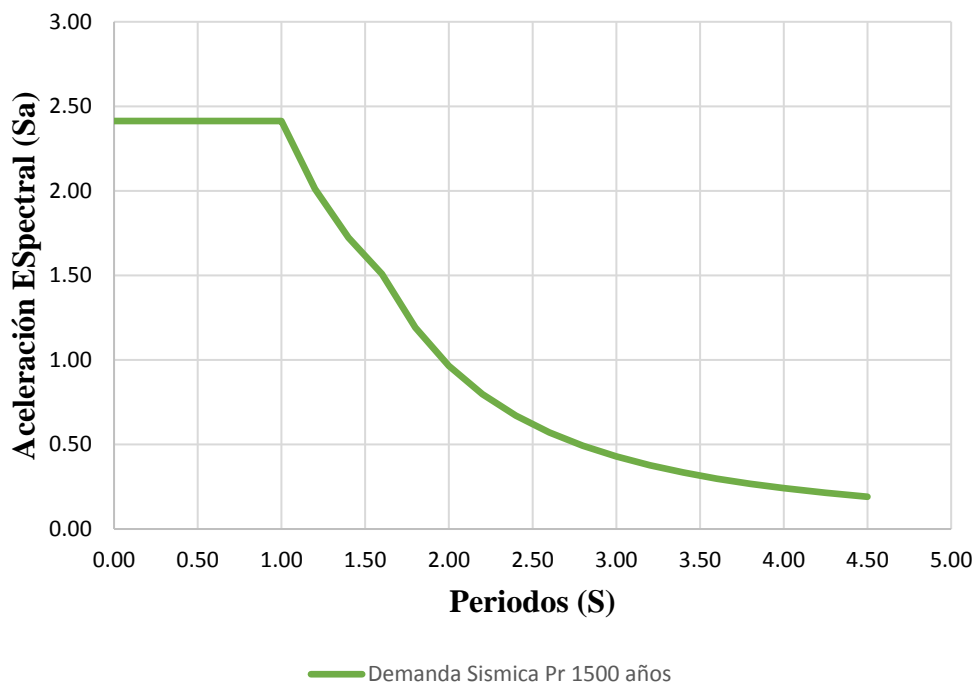
R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

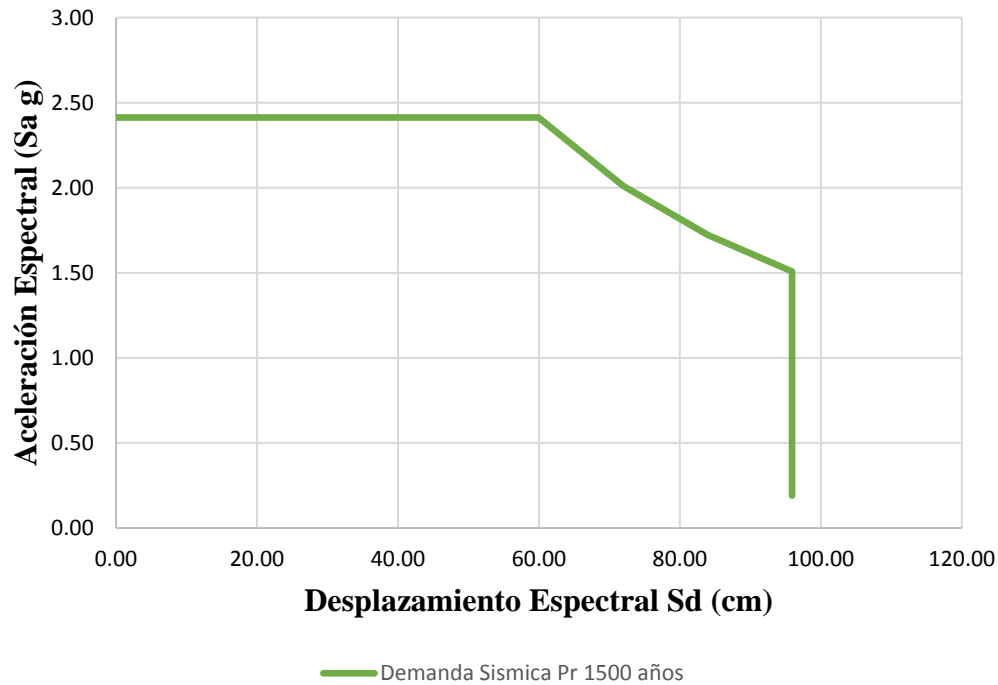
Figura: Espectro de Demanda Sísmica de 1500 años en  $S_a$  (g) y T



Fuente: Elaboración propia



Figura: Espectro de Demanda Sismica de Pr 1500 años convertida en ADRS



Fuente: Elaboración propia

Representación Bilineal del espectro de Capacidad:

$$k_i = \frac{S_{a_2} - S_{a_1}}{S_{d_2} - S_{d_1}}$$

$$k_i = 1.078 \text{ g/m}$$

Punto de Prueba:

$$d_{pi} = 4.1229 \text{ cm}$$

$$a_{pi} = 1.4587 \text{ g}$$

Punto de Fluencia:

$$d_y = 1.0307 \text{ cm}$$

$$a_y = k_i * d_y$$

$$a_y = 1.11 \text{ g}$$

## Reducción de la demanda Sísmica por efectos no lineales

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = 0.0876$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

$$\mu = 4$$

$$T_{eff} = [0.20 * (\mu - 1)^2 - 0.038 * (\mu - 1)^3 + 1] * T_o$$

$$T_{eff} = 0.324S$$

Amortiguamiento efectivo

$$\beta_o = 5$$

$$\beta_{eff} = 4.9 * (\mu - 1)^2 - 1.1 * (\mu - 1)^3 + \beta_o$$

$$\beta_{eff} = 20\%$$

Factor de Reducción Espectral

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff})}$$

$$B = 1.54$$

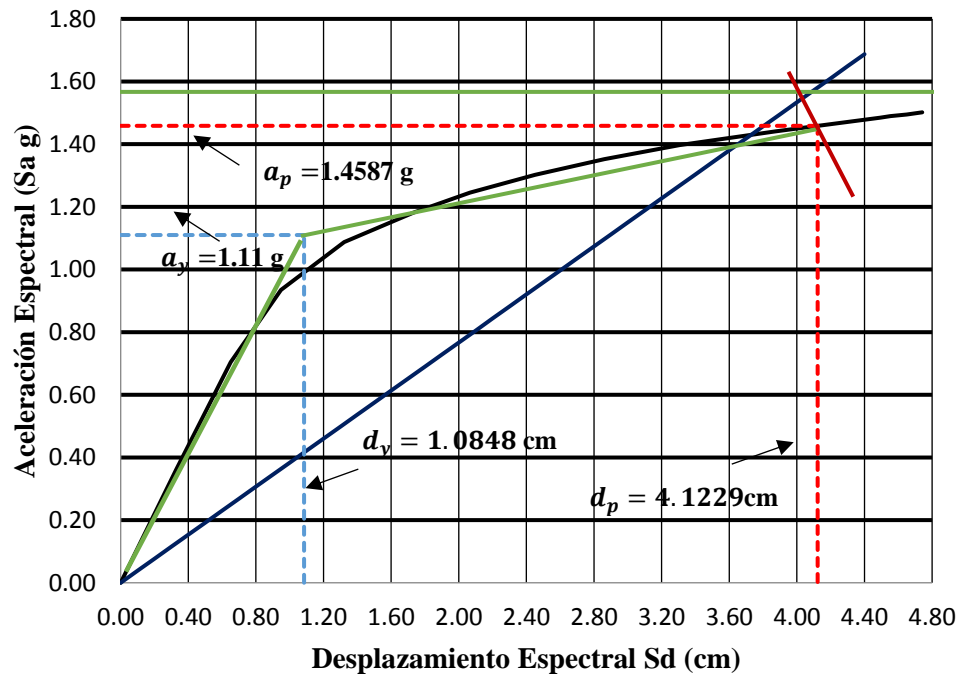
Punto de desempeño

$$T_{eff}(d_T) = 4 * \pi^2 * \frac{d_T}{T_{eff}^2 * g}$$

$$d_T = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 \dots$$

$d_T$	$T_{eff}$
0	0
0.1	0.0383
0.2	0.0767
0.3	0.1150
0.4	0.1534
0.5	0.1917
0.6	0.2301
0.7	0.2684
0.8	0.3068
0.9	0.3451
1.0	0.3835
1.1	0.4218
1.2	0.4601
1.3	0.4985
1.4	0.5368
1.5	0.5752
1.6	0.6135
1.7	0.6519
1.8	0.6902
1.9	0.7286

Figura: Punto de desempeño para un sismo de Pr 1500 años en el sentido Y



Fuente: Elaboración propia

#### Leyenda

$S_a$ (g)	—	$D_y, A_y$	- - - - -	$T_{eff}$	—
$S_d$ (cm)	—	$D_p, A_p$	- - - - -	$B_{eff}$ (20%)	—

#### Punto de Desempeño

$$d_p = 4.1229\text{ cm} \quad a_p = 1.4587\text{ g} \quad \text{OK}$$

$$0.95 * d_{pi} \leq d_p \leq 1.05 * d_{pi}$$

$$3.9168 \leq 4.1229 \leq 4.3290$$

#### Resultados Finales

$$T_o = 0.183\text{ S} \quad a_p = 1.4587\text{ g}$$

$$T_{eff} = 0.324\text{ S} \quad \Delta_d = 6.0754\text{ cm}$$

$$\alpha = 0.0876 \quad V_d = 1011.84\text{ Tn}$$

$$\mu = 4$$

$$\beta_{eff} = 20\%$$

$$d_p = 4.1229\text{ cm}$$

## MÉTODO DE LOS COEFICIENTES – ASCE 41-13

### DIRECCIÓN XX

#### 1. Desarrollo del Módulo VI

##### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 2

R: 1  $T_p$ : 1 S  $T_L$ : 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial :

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 188.22 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.30 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 201.46 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 120.88 \text{ tn}$$

$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.3244 \text{ cm} \quad V_y = 201.46 \text{ tn}$$

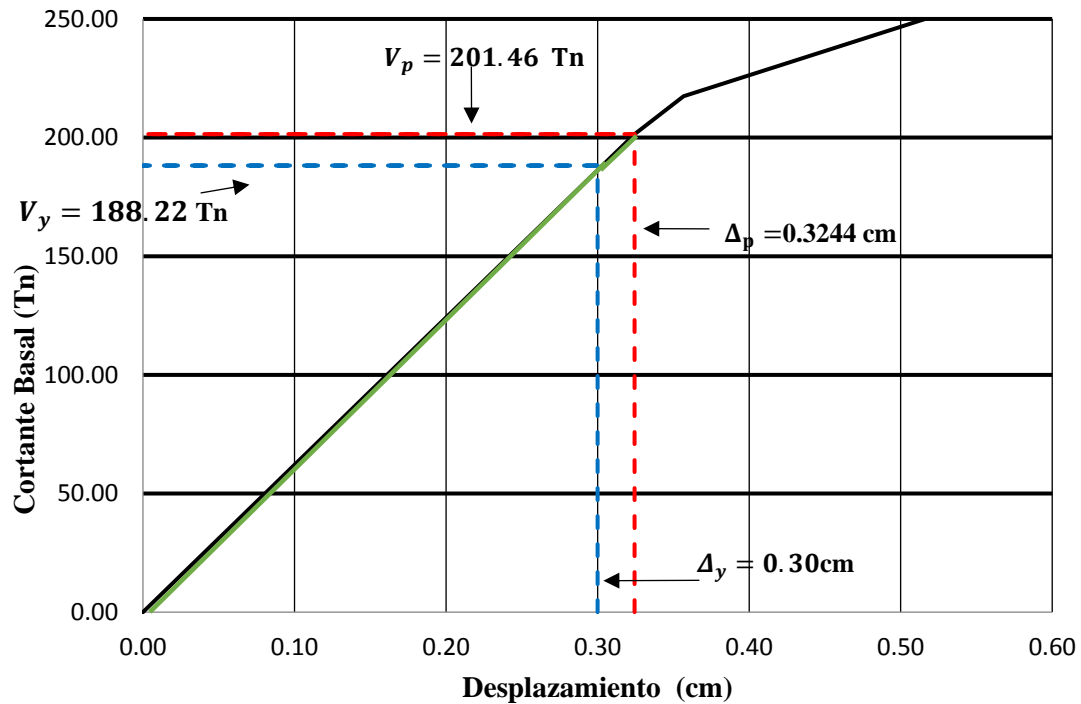


Figura: Punto de Desempeño para Pr 43 años en X

Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 0.92g$

**Co:** Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

**Co: 0.93**

**C<sub>1</sub>:** Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados.

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 0.6089$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 0.8370$$

Figura: Valores para el valor de masa efectiva

No. of Stories	Concrete Moment Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Pier-Spandrel	Steel Moment Frame	Steel Concentrically Braced Frame	Steel Eccentrically Braced Frame	Other
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

NOTE:  $C_m$  shall be taken as 1.0 if the fundamental period,  $T$ , in the direction of response under consideration is greater than 1.0 s.

Fuente: ASCE/SEI 41-13

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1.01

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.30 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$0.32 > 0.304 \wedge \delta_t < 0.336$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 0.3244 \text{ cm}$$

$$V_p = 201.46 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr de 72 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 221.03 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.37 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 210.47 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 126.28 \text{ tn}$$

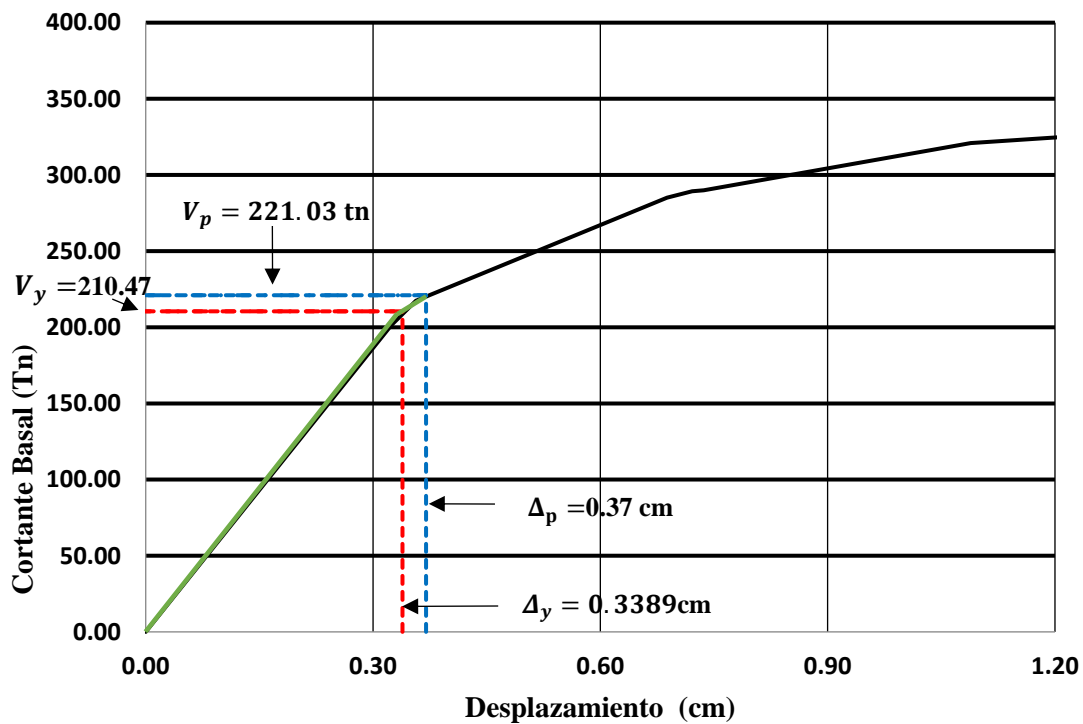
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.3389 \text{ m} \quad V_y = 210.47 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para Pr 72 años en X



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 620.99$  tnf/cm

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 620.99$  tnf/cm

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129$  s

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129$  s

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.11g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 0.9246

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados



$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 0.6994$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 0.8748$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.37 \text{ cm}$$

$$Si \delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p \text{ OK}$$

$$0.37 > 0.3515 \wedge \delta_t < 0.3885$$

Punto de Desempeño

$$\delta_t = 0.37 \text{ cm}$$

$$V_p = 221.03 \text{ tn}$$

### -Sismo de Pr de 475 años

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 1

R:1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 289.54 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.72 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 219.80 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 131.88 \text{ tn}$$

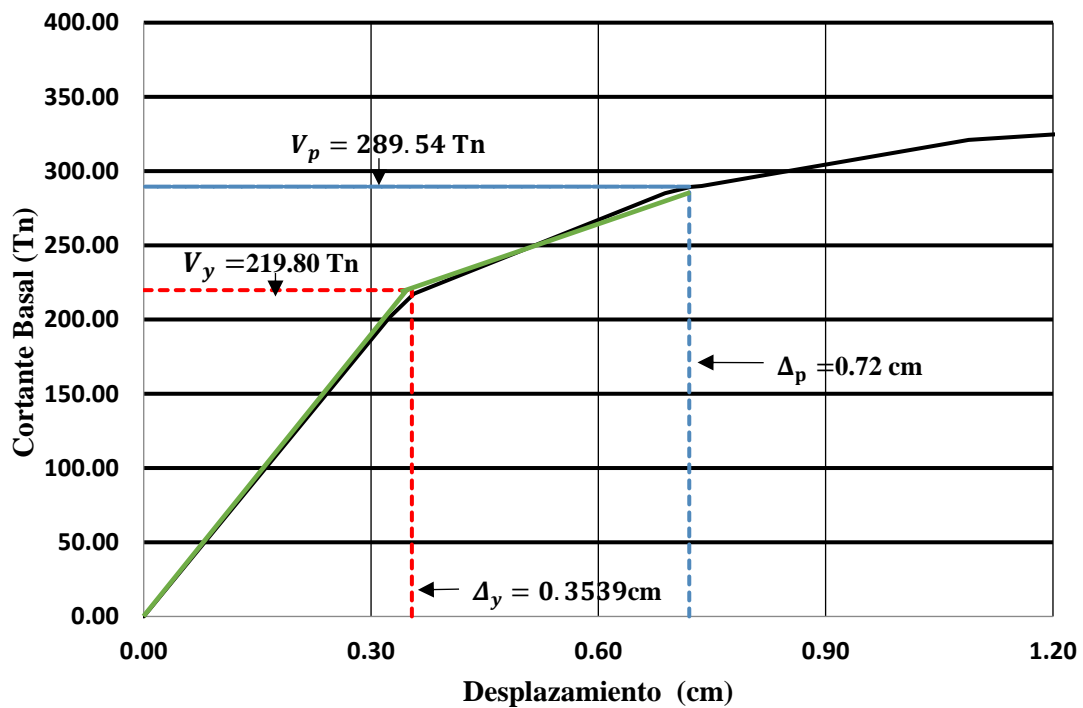
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.3539 \text{ m} \quad V_y = 219.80 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 475 años en dirección X



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.86g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 0.9038

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.11$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.05$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.72 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$0.72 > 0.684 \wedge \delta_t < 0.756$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 0.72 \text{ cm}$$

$$V_p = 289.54 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 975 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 296.71 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.81 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 229.58 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 137.75 \text{ tn}$$

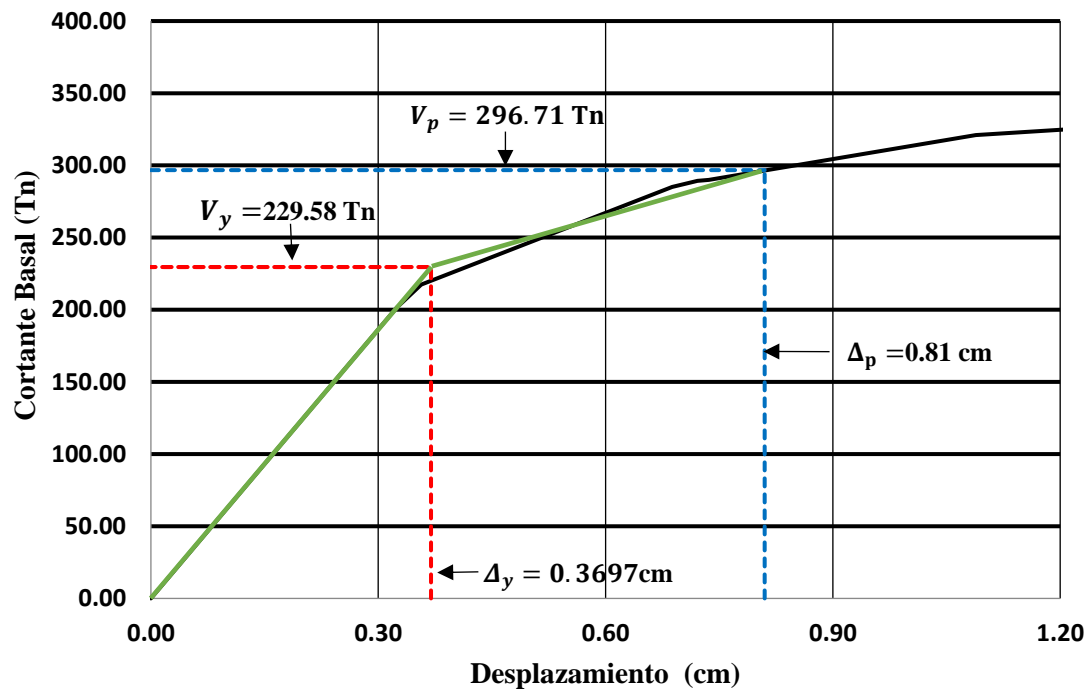
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.3697 \text{ m} \quad V_y = 229.58 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 975 años en dirección X



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.04g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 0.8950

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.18$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.07$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.81 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$0.81 > 0.7695 \wedge \delta_t < 0.8505$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 0.81 \text{ cm}$$

$$V_p = 296.71 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 1500 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

R: 1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 313.18 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 240.20 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 144.12 \text{ tn}$$

$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

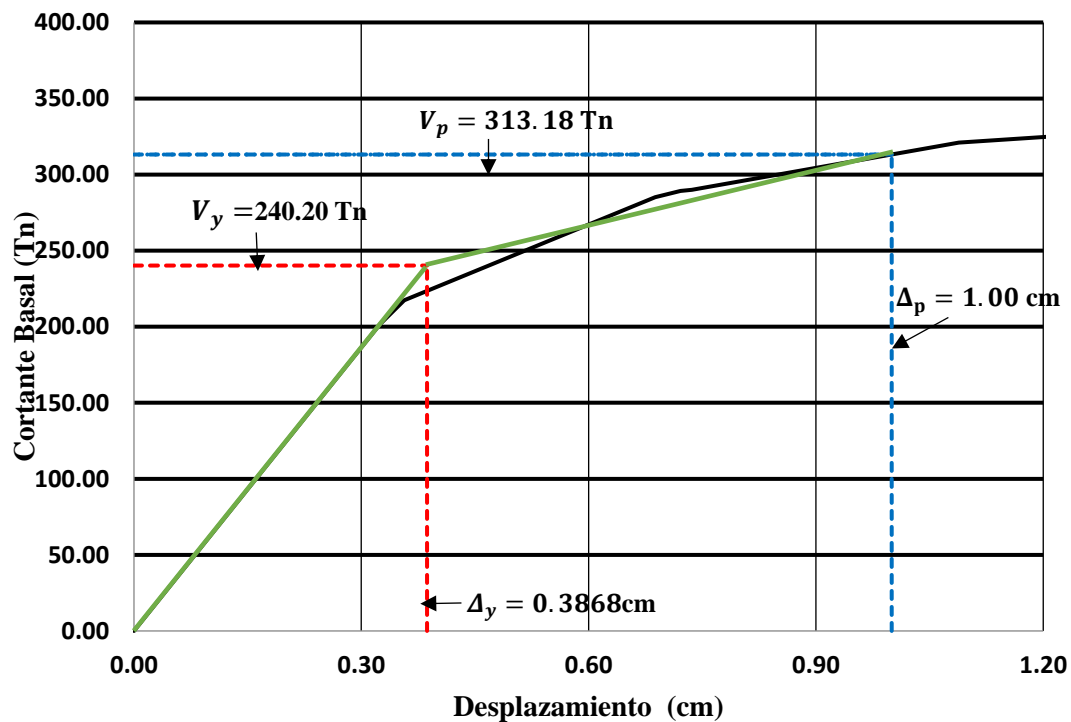
$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.3868 \text{ m} \quad V_y = 240.20 \text{ tn}$$



Figura: Punto de Desempeño para un Pr 1500 años en dirección X



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 620.99$  tnf/cm

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 620.99$  tnf/cm

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129$  s

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129$  s

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.41g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 0.8753

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.33$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.14$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$1 > 0.95 \wedge \delta_t < 1.05$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 1 \text{ cm}$$

$$V_p = 313.18 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 2500 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.66

R: 1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 324.94 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1.20 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 252.79 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 151.67 \text{ tn}$$

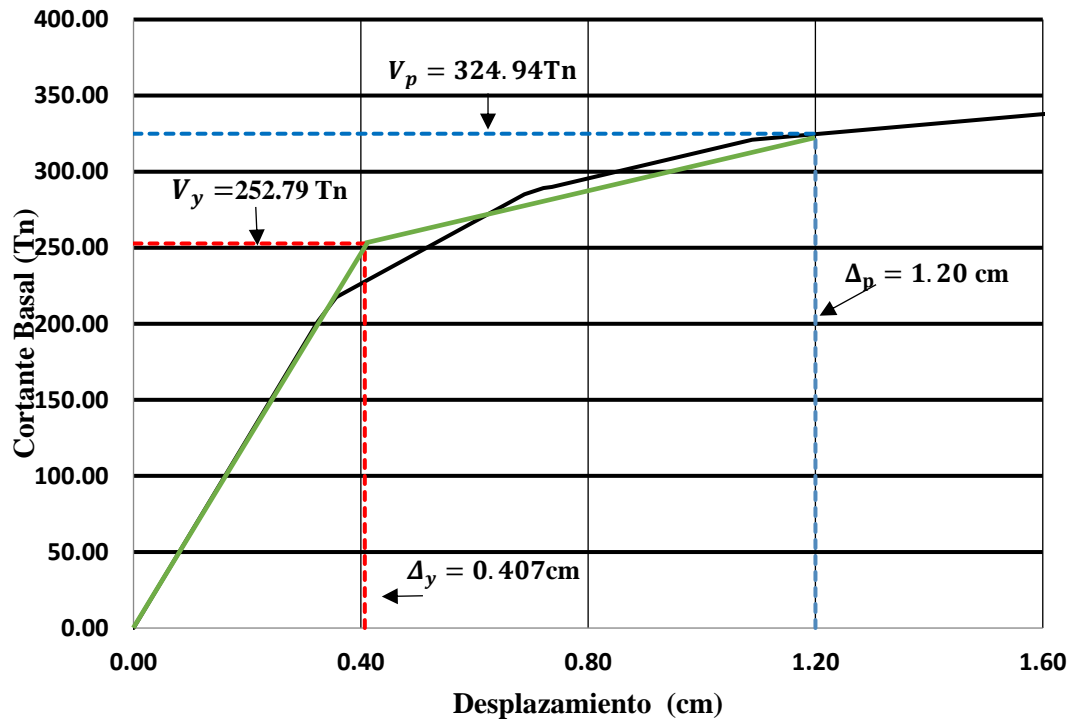
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 620.99 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.4070 \text{ m} \quad V_y = 252.79 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 2500 años en dirección X



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 620.99 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.78g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 0.87

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.46$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.19$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1.01

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1.20 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$1.20 > 1.14 \wedge \delta_t < 1.26$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 1.20 \text{ cm}$$

$$V_p = 324.94 \text{ tn}$$

## DIRECCIÓN YY

### 2. Desarrollo del Módulo VI

#### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 2

R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 201.46 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.34 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 201.46 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 120.88 \text{ tn}$$

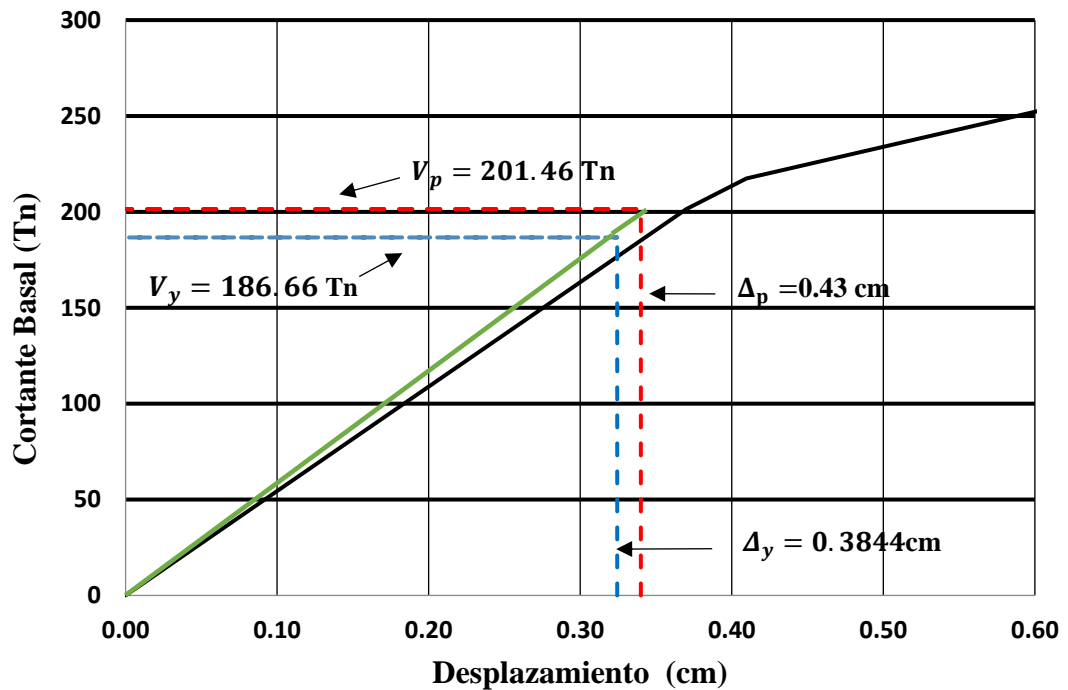
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.3244 \text{ cm} \quad V_y = 188.66 \text{ Tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 43 años en dirección Y



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 0.92g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.05

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 0.60$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 0.8370$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1.01$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.34 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$0.34 > 0.323 \wedge \delta_t < 0.357$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 0.34 \text{ cm}$$

$$V_p = 201.46 \text{ tn}$$



### -Sismo de Pr de 72 años

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 221.58 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.43 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 209.27 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 125.56 \text{ tn}$$

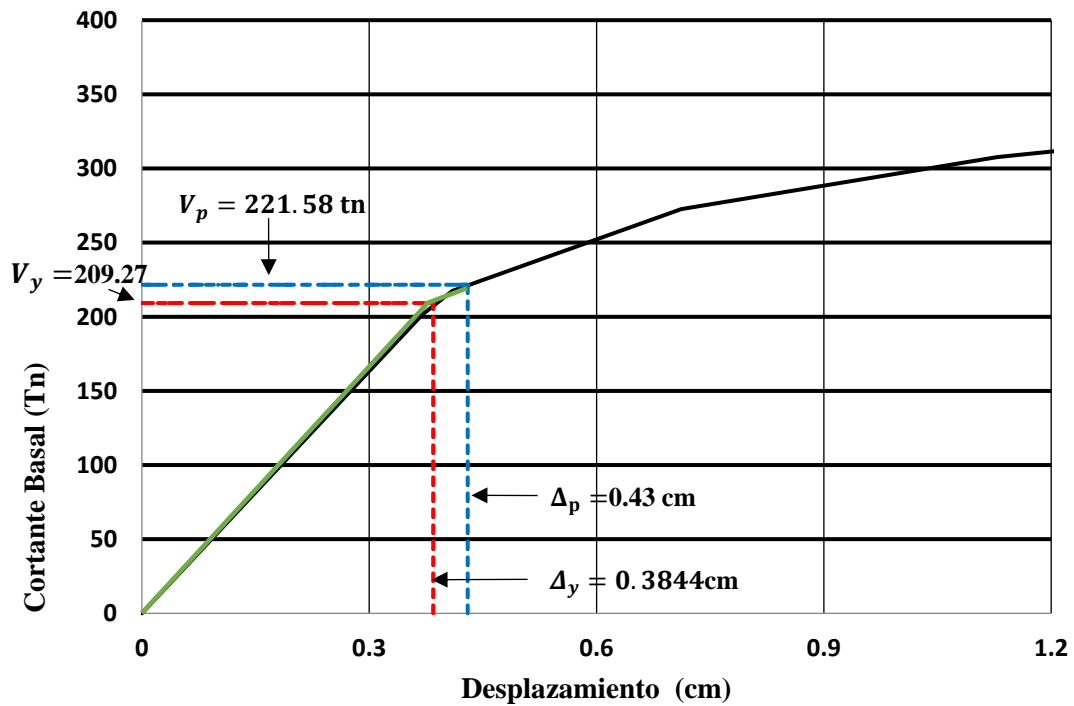
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.3844 \text{ cm} \quad V_y = 209.27 \text{ tn}$$

Figura: Punto de desempeño para un Pr 72 años en dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 544.37$  tnf/cm

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 544.37$  tnf/cm

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129$  s

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129$  s

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.11g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.06

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 0.70$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 0.8764$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.43 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$0.43 > 0.4085 \wedge \delta_t < 0.4515$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 0.43 \text{ cm}$$

$$V_p = 221.58 \text{ tn}$$

**-Sismo de Pr de 475 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 1

R: 1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 284.75 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.85 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 227.75 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 16.65 \text{ tn}$$

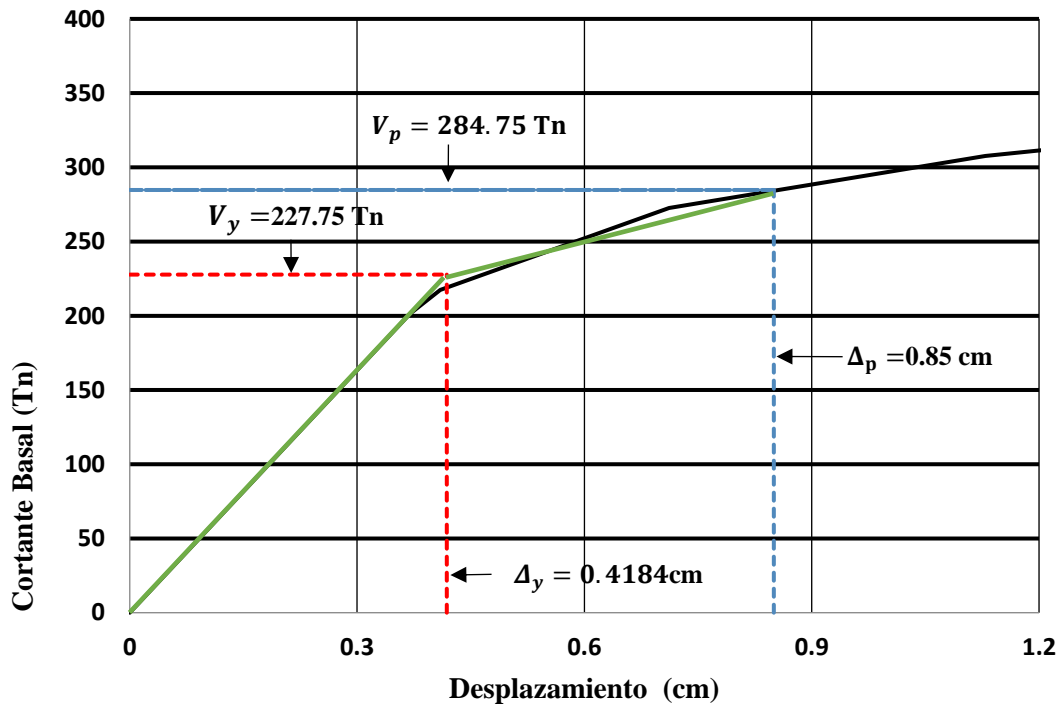
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.4184 \text{ cm} \quad V_y = 227.75 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 475 años en dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.85g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.07

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.08$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.03$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.85 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$0.85 > 0.8075 \wedge \delta_t < 0.8925$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 0.85 \text{ cm}$$

$$V_p = 284.75 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 975 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

R: 1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial:

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 295.11 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 0.97 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 233.40 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 140.04 \text{ tn}$$

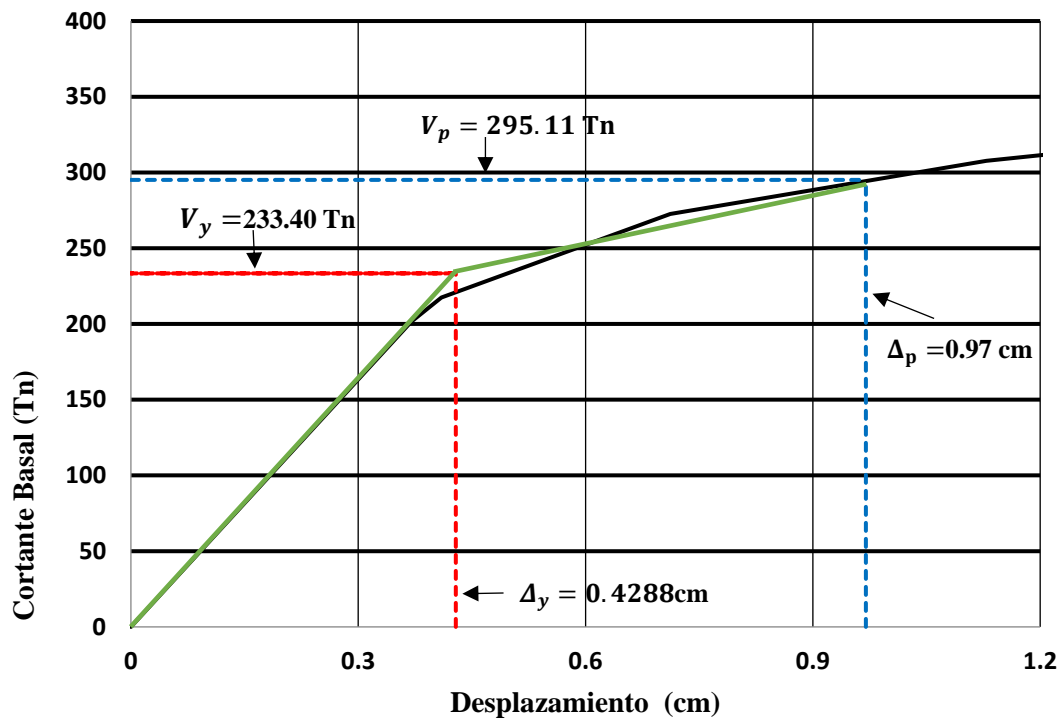
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.4288 \text{ cm} \quad V_y = 233.40 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 975 años en dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.04g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.09



$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.08$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.07$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 0.97 \text{ cm}$$

$$\text{Si } \delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p \quad \mathbf{OK}$$

$$0.97 > 0.9215 \wedge \delta_t < 1.0185$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 0.97 \text{ cm}$$

$$V_p = 295.11 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 1500 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 312.80 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1.22 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 242.59 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 145.55 \text{ tn}$$

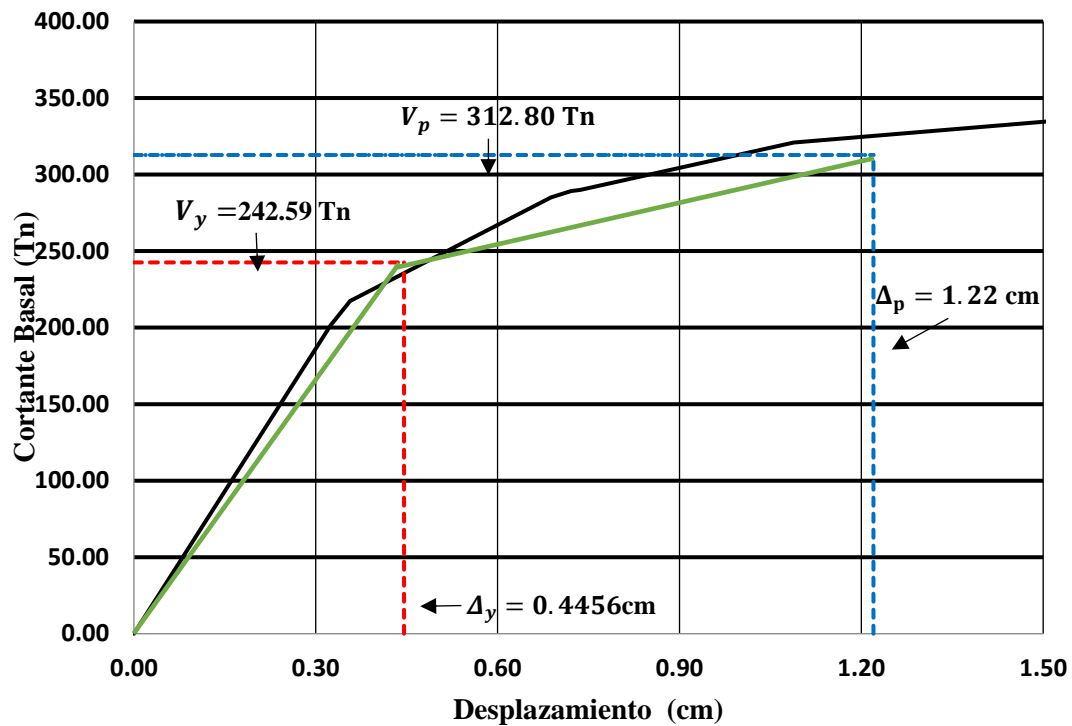
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.4456 \text{ cm} \quad V_y = 242.59 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 1500 años en dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.41g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.10

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.31$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.13$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1.22 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$1.22 > 1.159 \wedge \delta_t < 1.281$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 1.22 \text{ cm}$$

$$V_p = 312.80 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 2500 años**

Z: 0.45 U: 1.5 S: 1.10 F.E: 0.66

R: 1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 324.30 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1.50 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 254.43 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 152.66 \text{ tn}$$

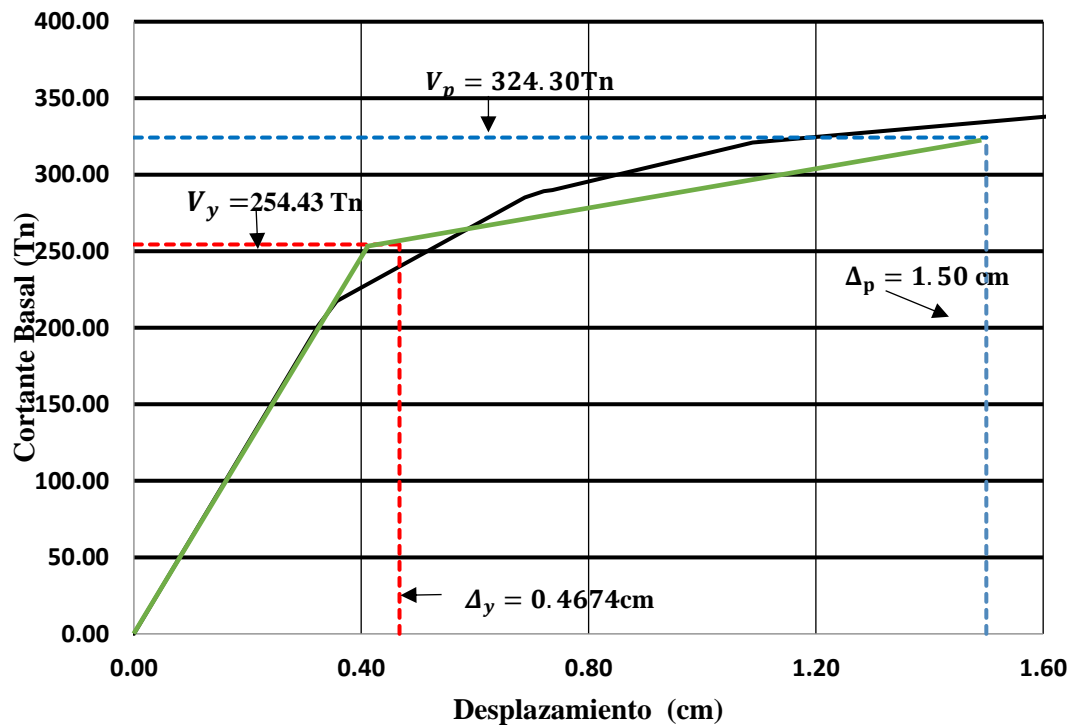
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 544.37 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.4674 \text{ cm} \quad V_y = 254.43 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 2500 años en la dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 544.37 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.78g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.10

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.45$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.19$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificación de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1.01$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1.50 \text{ cm}$$

$$\text{Si } \delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p \quad \text{OK}$$

$$1.50 > 1.425 \wedge \delta_t < 1.575$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 1.50 \text{ cm}$$

$$V_p = 324.30 \text{ tn}$$

## DIRECCIÓN XX

### 1. Desarrollo del Módulo V

#### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 2

R:1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 599.80 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1.04 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia

$$V_y = 513.30 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 307.98 \text{ tn}$$

$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

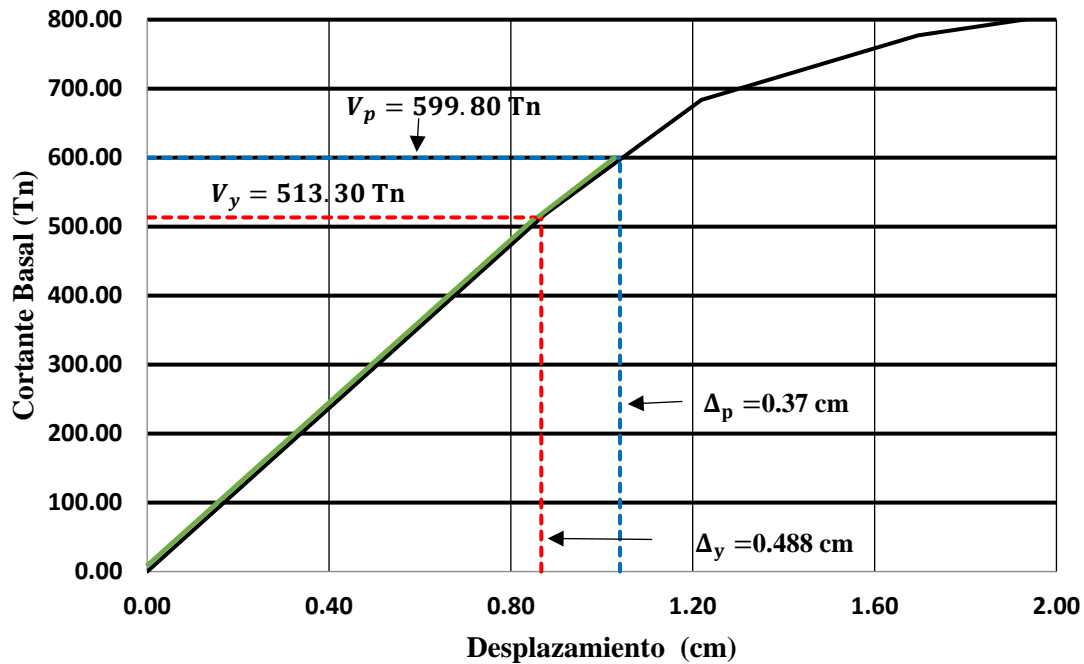
$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.8670 \text{ cm} \quad V_y = 513.30 \text{ tn}$$



Figura: Punto de Desempeño para un Pr 43 años en la dirección XX



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 0.92g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.31

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 0.88$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 0.95$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

Figura: Valores para factor de masa efectiva

No. of Stories	Concrete Moment Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Pier-Spandrel	Steel Moment Frame	Steel Concentrically Braced Frame	Steel Eccentrically Braced Frame	Other
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

NOTE:  $C_m$  shall be taken as 1.0 if the fundamental period,  $T$ , in the direction of response under consideration is greater than 1.0 s.

Fuente: ASCE/SEI 41-13

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificación de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1.04 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$1.04 > 0.988 \wedge \delta_t < 1.092$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 1.04 \text{ cm}$$

$$V_p = 599.80 \text{ tn}$$

**-Sismo de Pr de 72 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

R:1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 694.16 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1.27 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 568.14 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 340.88 \text{ tn}$$

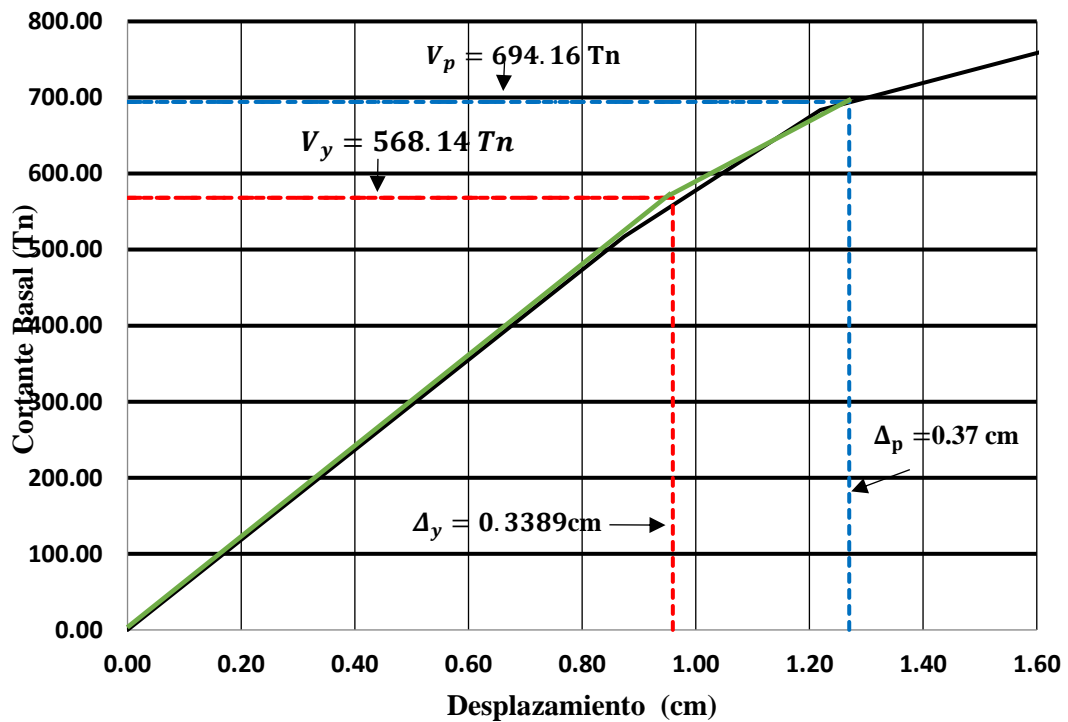
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.9596 \text{ m} \quad V_y = 568.14 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 72 años en la dirección XX



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.11g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad.

Co: 1.29

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados.

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 0.95$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 0.98$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificación de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1.27 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$1.27 > 1.2065 \wedge \delta_t < 1.3335$$

Punto de Desempeño

$$\delta_t = 1.27 \text{ cm}$$

$$V_p = 694.16 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr de 475 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 1

R:1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} == 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 853.85 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 2.50 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 701.76 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 421.06 \text{ tn}$$

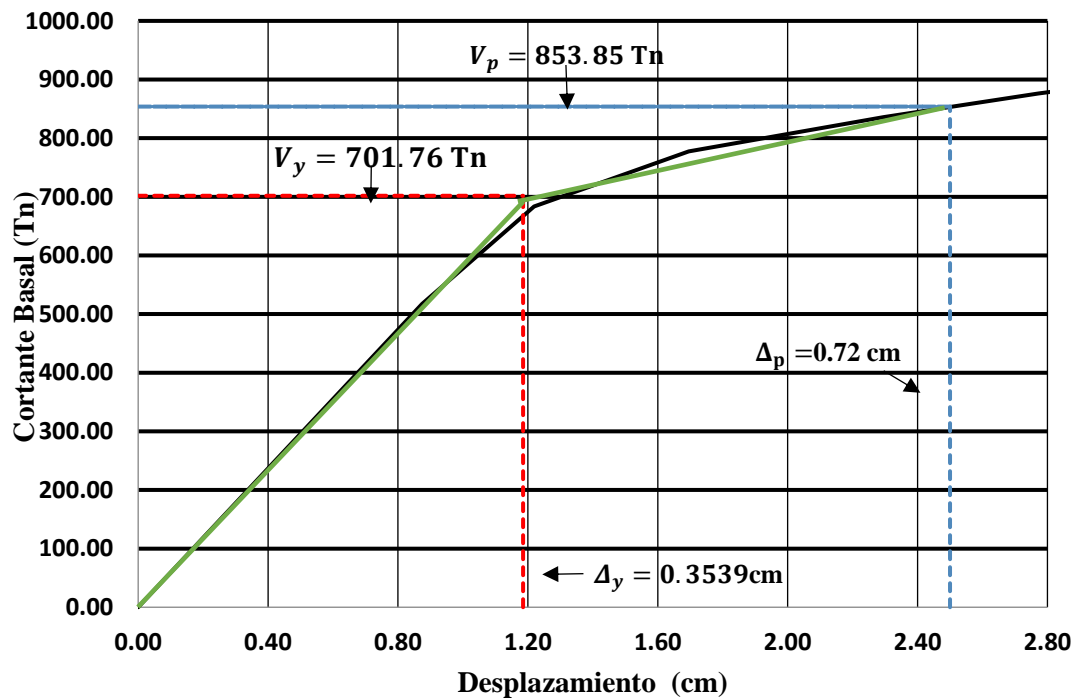
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} == 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.1853 \text{ m} \quad V_y = 701.76 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr de 475 años en la dirección XX



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.86g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.33

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.28$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.11$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 2.50 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$2.50 > 2.375 \wedge \delta_t < 2.625$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 2.50 \text{ cm}$$

$$V_p = 853.85 \text{ tn}$$



### **-Sismo de Pr 975 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

R:1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 884.73 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 2.88 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 714.46 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 428.68 \text{ tn}$$

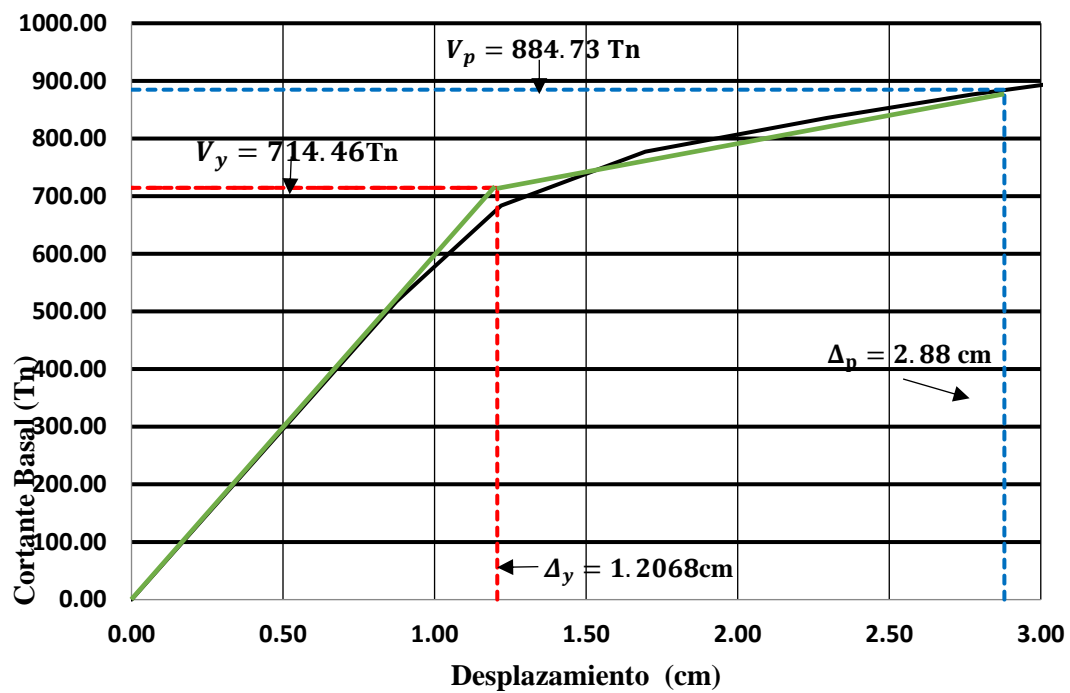
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.2068 \text{ m} \quad V_y = 714.46 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 975 años en la dirección XX



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.129 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.129 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.04g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.34

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.39$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.16$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificación de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 2.88 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$2.88 > 2.736 \wedge \delta_t < 3.024$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 2.88 \text{ cm}$$

$$V_p = 884.73 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 1500 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

R:1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 936.50 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 3.64 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 735.19 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 441.11 \text{ Tn}$$

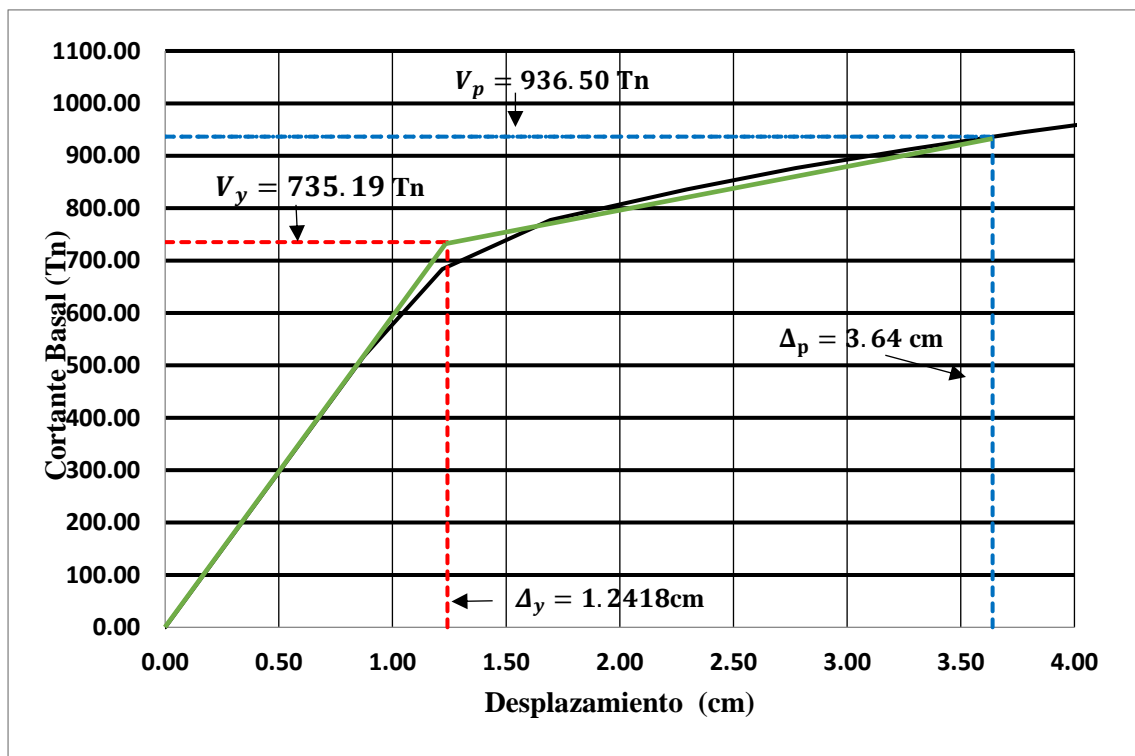
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.2418m \quad V_y = 735.19\text{tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr de 1500 años en la dirección XX



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.41g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.32

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.59$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.25$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1.01

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 3.64 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$3.64 > 3.458 \wedge \delta_t < 3.822$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 3.64 \text{ cm}$$

$$V_p = 936.50 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 2500 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 0.66

R:1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 979.68 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 4.38 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 752.11 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 45.27 \text{ tn}$$

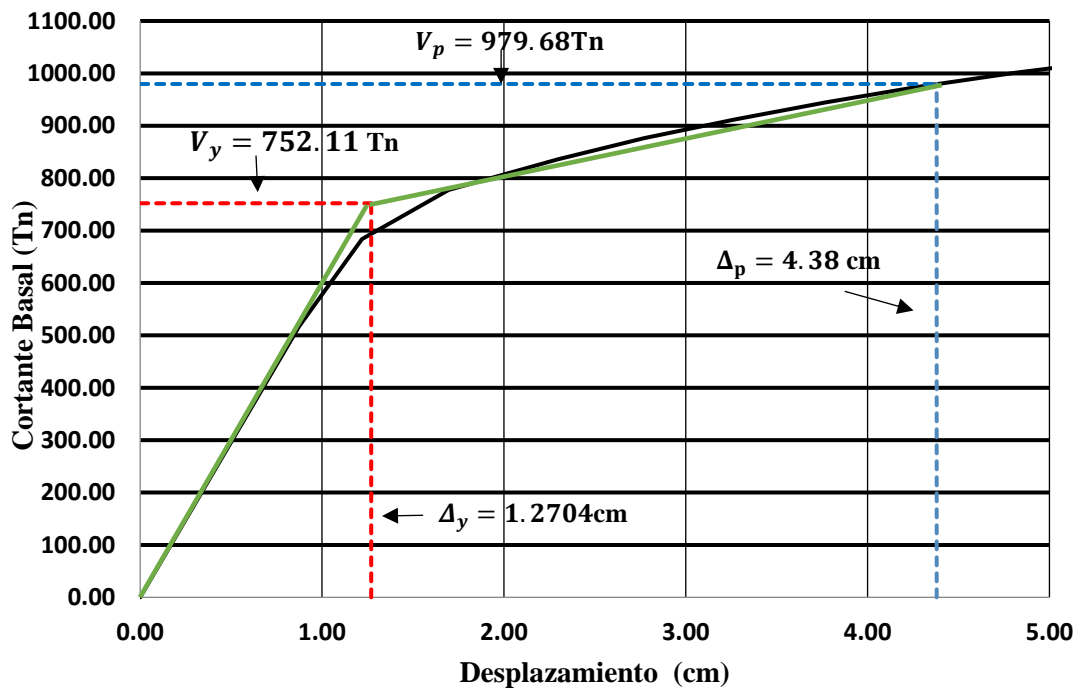
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 592.03 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.2704 \text{ m} \quad V_y = 752.11 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 2500 años en la dirección XX



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 592.03 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.78g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.28

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados



$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.80$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.33$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1.02

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 4.38 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  **OK**

$$4.38 > 4.161 \wedge \delta_t < 4.599$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 4.38 \text{ cm}$$

$$V_p = 979.68 \text{ tn}$$

## DIRECCIÓN YY

### 2. Desarrollo del Módulo V

#### -Sismo de Pr 43 años

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 2

R:1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 621.42 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1.16 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 448.79 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 269.27 \text{ tn}$$

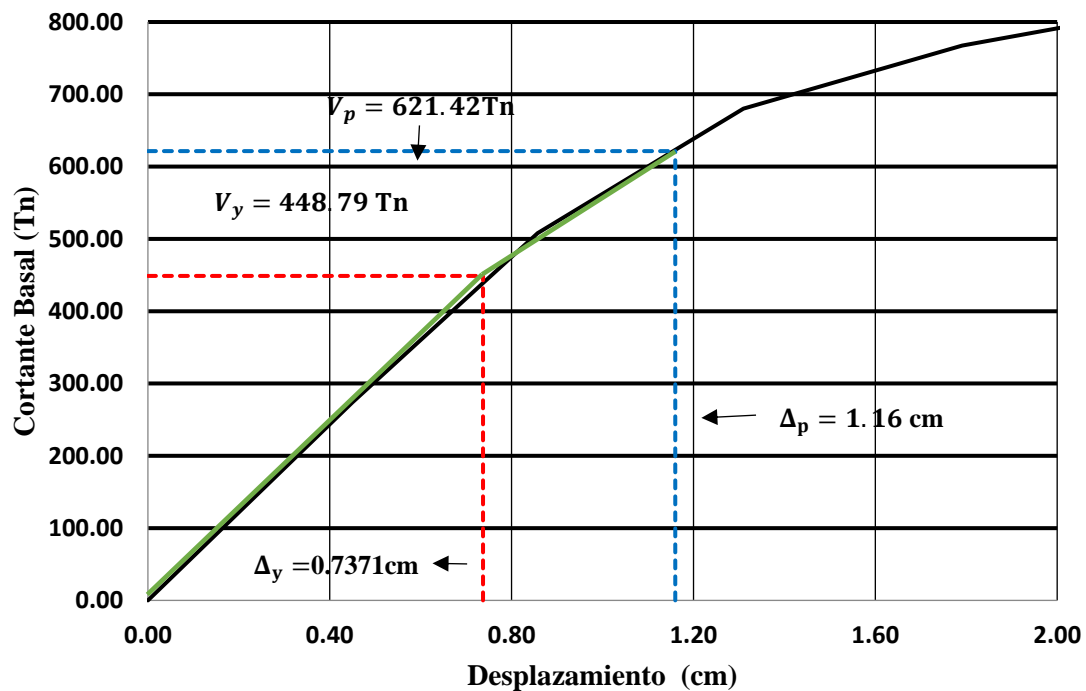
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.7371 \text{ cm} \quad V_y = 448.79 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 43 años en la dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 0.92g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.38

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1.16 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$1.16 > 1.102 \wedge \delta_t < 1.218$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 1.16 \text{ cm}$$

$$V_p = 621.42 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr de 72 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 1.66

R:1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 703.23 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 1.44 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 513.65 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 308.19 \text{ tn}$$

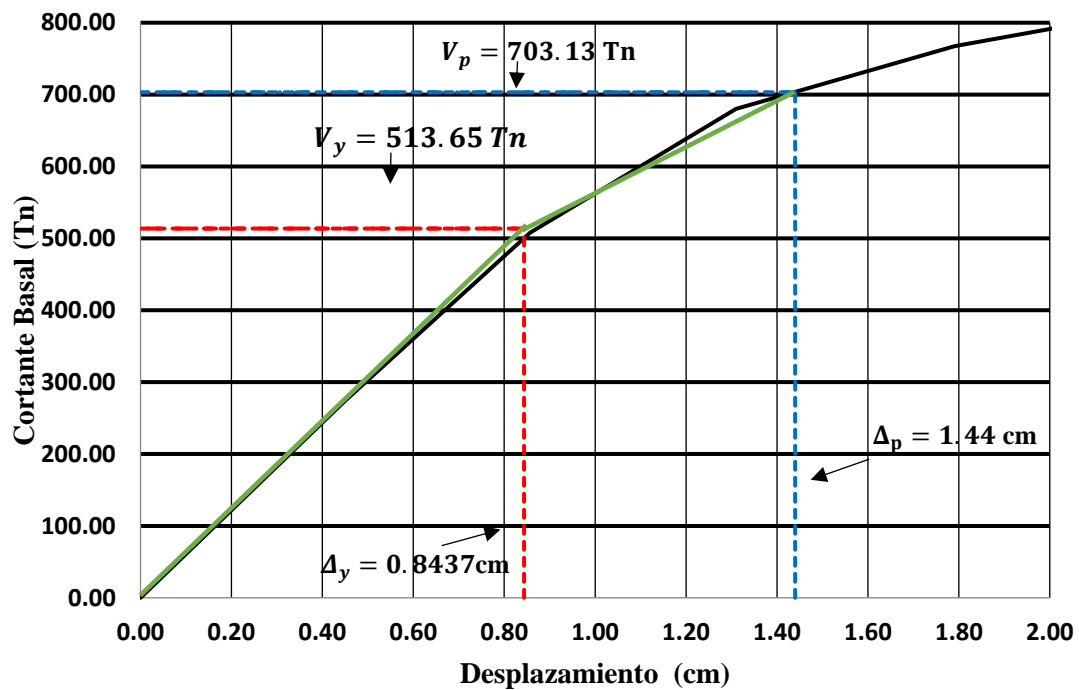
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

**Punto de Fluencia:**

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 0.8437 \text{ cm} \quad V_y = 513.65 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 72 años en la dirección YY



Fuente: Elaboración propia:

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.11g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.40

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.05$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.02$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 1.44 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$1.44 > 1.368 \wedge \delta_t < 1.512$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 1.44 \text{ cm}$$

$$V_p = 703.23 \text{ tn}$$

### -Sismo de Pr de 475 años

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 1

R:1 Tp: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 863.89 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 2.70 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 661.89 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 397.13 \text{ tn}$$

$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

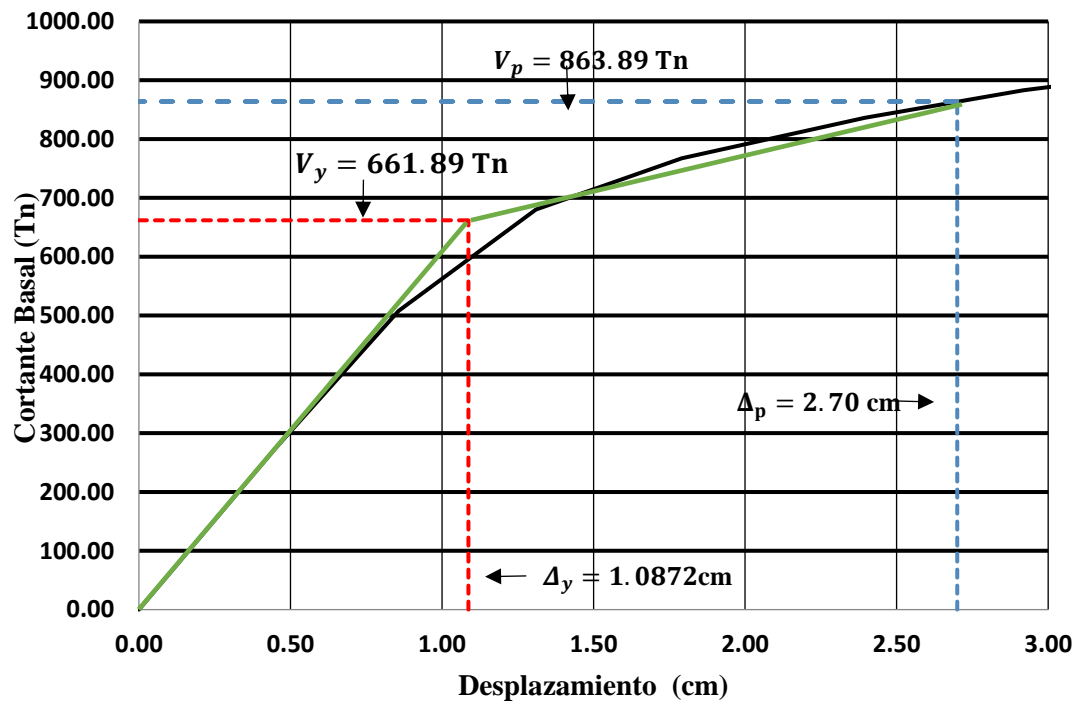
$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.0872 \text{ cm} \quad V_y = 661.89 \text{ tn}$$



Figura: Punto de Desempeño para un Pr 475 años en la dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 1.85g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.37

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.36$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.15$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 2.70 \text{ cm}$$

$$\text{Si } \delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p \quad \mathbf{OK}$$

$$2.70 > 2.565 \wedge \delta_t < 2.835$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 2.70 \text{ cm}$$

$$V_p = 863.89 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 975 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 0.909

R:1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 894.28 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 3.09 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 681.91 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 409.15 \text{ tn}$$

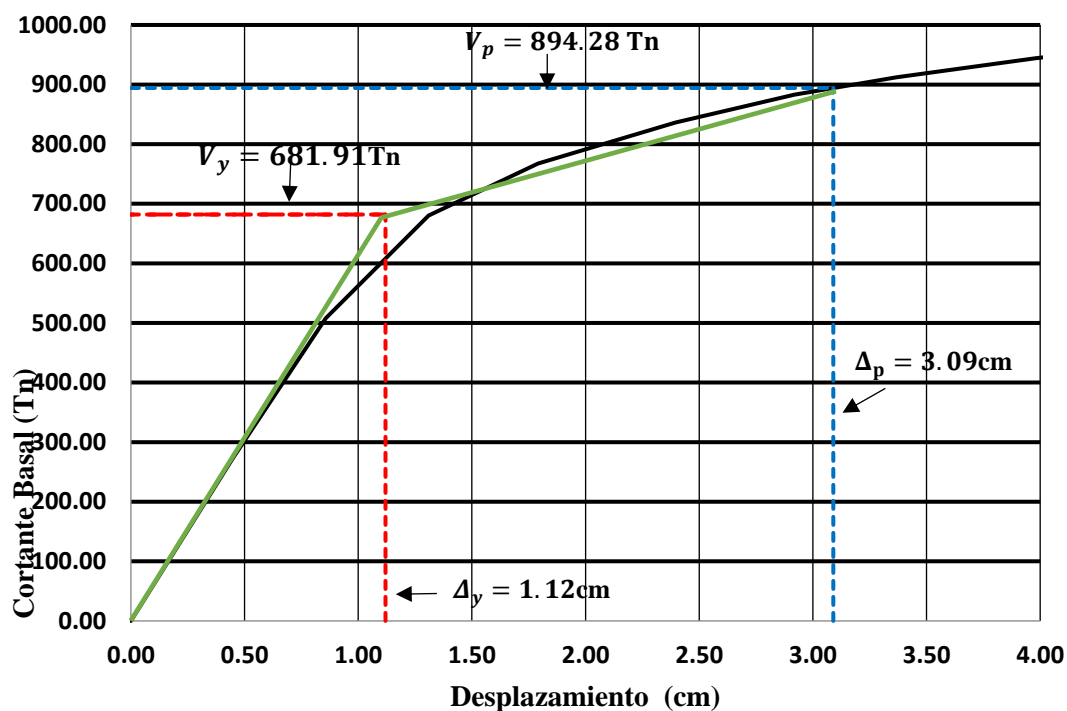
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.12 \text{ cm} \quad V_y = 681.91 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 975 en la dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.04g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.37

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.45$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.19$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 3.09 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$3.09 > 2.9355 \wedge \delta_t < 3.2445$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 3.09 \text{ cm}$$

$$V_p = 894.28 \text{ tn}$$

### **-Sismo de Pr 1500 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 0.7692

R:1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 942.77 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 3.95 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 720.91 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 432.55 \text{ tn}$$

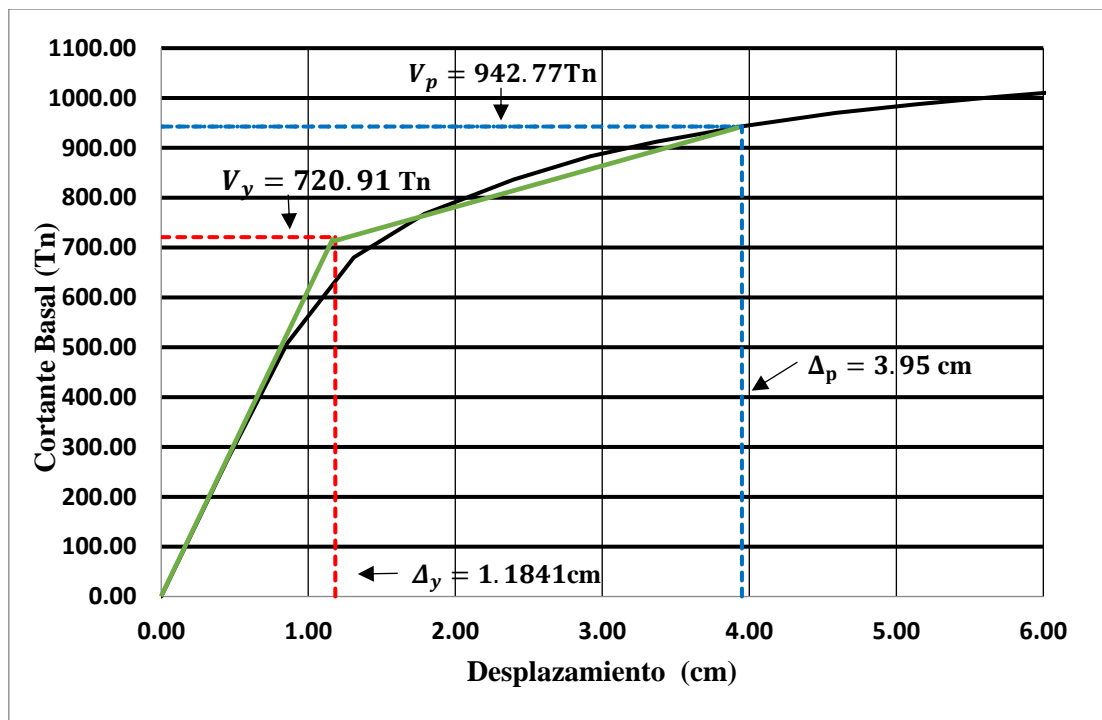
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.1841 \text{ cm} \quad V_y = 720.91 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 1500 en la dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.41g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.39

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.62$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.26$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$C_m$ : 0.90

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$C_2$ : 1

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$C_2$ : 1.01

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 3.95 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$3.95 > 3.7525 \wedge \delta_t < 4.1475$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 3.95 \text{ cm}$$

$$V_p = 942.77 \text{ tn}$$



### **-Sismo de Pr 2500 años**

Z: 0.45 U : 1.5 S: 1.10 F.E: 0.66

R:1 T<sub>p</sub>: 1 S TL: 1.6 S

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Rigidez Inicial

$$K_i = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Desplazamiento Objetivo:

$$V_p = 982.76 \text{ tn}$$

$$\Delta_p = 4.99 \text{ cm}$$

Cortante Basal de Cedencia:

$$V_y = 758.68 \text{ tn}$$

Rigidez Efectiva:

$$0.6 * V_y = 455.21 \text{ tn}$$

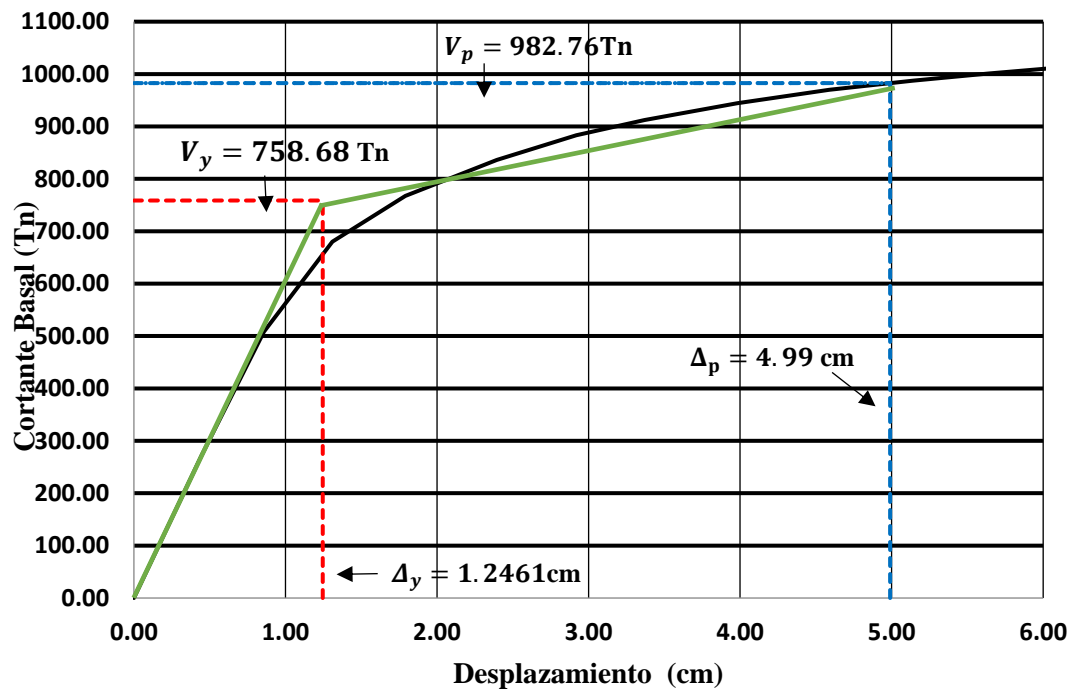
$$\Delta_{0.6V_y} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta_2 - \Delta_1} * (0.6 * V_y - V_1) + \Delta_1$$

$$K_e = \frac{0.6 * V_y}{\Delta_{0.6V_y}} = 608.82 \text{ tnf/cm}$$

Punto de Fluencia:

$$\Delta_y = \frac{V_y}{K_e} = 1.2461 \text{ cm} \quad V_y = 758.68 \text{ tn}$$

Figura: Punto de Desempeño para un Pr 2500 en la dirección YY



Fuente: Elaboración propia

Rigidez Lateral Inicial:  $K_i = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Rigidez Lateral Efectiva:  $K_e = 608.82 \text{ tnf/cm}$

Periodo Fundamental Inicial:  $T_i = 0.191 \text{ s}$

Periodo Fundamental Efectivo:  $T_{eff} = 0.191 \text{ s}$

Aceleración Espectral:  $SA = SA(T_{eff}) = 2.78g$

Co: Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente a un sistema de múltiples grados de libertad

Co: 1.43

$C_1$ : Factor de modificación que relaciona desplazamiento inelástico máximo con los desplazamientos calculados

$$\mu = \frac{S_A}{\frac{V_y}{W}} * C_m * g^{-1}$$

$$\mu = 1.78$$

a: Factor Sitio

a: 60

$$C_1 = 1 + \frac{\mu - 1}{a * T_e^2 * S^{-2}}$$

$$C_1 = 1.33$$

$C_m$ : Factor de masa efectiva

$$C_m: 0.90$$

$C_2$ : Factor de modificacion de degradación de rigidez y disminución de resistencia

Si  $T_e > 0.7 S$

$$C_2: 1$$

$$C_2: 1 + \frac{1}{800} * \left( \frac{\mu - 1}{T_e * S^{-1}} \right)^2$$

$$C_2: 1.02$$

Desplazamiento Objetivo:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_A * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} = 4.99 \text{ cm}$$

Si  $\delta_t > 0.95 * \Delta_p \wedge \delta_t < 1.05 * \Delta_p$  OK

$$4.99 > 4.7405 \wedge \delta_t < 5.2395$$

Punto de Desempeño:

$$\delta_t = 4.99 \text{ cm}$$

$$V_p = 982.76 \text{ tn}$$

**ANEXO 5: DATOS PARA LA REALIZACION DE LOS GRÁFICOS DE  
DESEMPEÑO SISMICO**

## SECTORIZACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DEL MÓDULO VI EN DIRECCIÓN X

<b>Desplazamiento (cm)</b>	<b>Cortante Basal (Tn)</b>
0	0
0.32	201.46
0.36	217.43
0.69	285.11
0.72	289.28
0.74	289.98
1.09	320.99
2.08	353.48
2.10	353.85
2.31	359.59
2.31	359.63
2.31	359.56

Fuente: Elaboración propia

Datos Para sectorizar la Curva de Capacidad:

<b><math>\Delta u =</math></b>	2.3099
<b><math>\Delta y =</math></b>	0.3567
<b><math>\Delta p =</math></b>	1.9532

<b><math>\mu_{\text{capacidad}} =</math></b>	6.48
<b>R =</b>	8.09

Creación de los estados de límites ocupacionales de la estructura:

<b>Limites</b>	<b>TIO</b>	<b>IO</b>	<b>LS</b>	<b>CP</b>
<b>0</b>	0.3567	0.94266	1.52862	2.3099
<b>400</b>	0.3567	0.94266	1.52862	2.3099

Fuente: Elaboración propia

## Determinación de los Puntos de Desempeño Sísmico Para el Módulo VI

Método	Dirección	Periodos de Retorno					
		43	72	475	975	1500	2500
ATC-40	XX	0.3534	0.4485	0.9834	1.20	1.6622	2.1386
		0.3534	0.4485	0.9834	1.20	1.6622	2.1386
ASCE/SEI 41-13	XX	0.3244	0.3743	0.7271	0.8129	1.00	1.2091
		0.3244	0.3743	0.7271	0.8129	1.00	1.2091
	F.E.	0.5	0.6	1	1.1	1.3	1.5
	R	2.00	1.67	1.00	0.91	0.77	0.67

Fuente: Elaboración propia

## SECTORIZACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DEL MÓDULO VI EN DIRECCIÓN Y

Desplazamiento (cm)	Cortante Basal (Tn)
0	0
0.37	201.46
0.41	217.43
0.71	272.57
1.13	307.72
1.38	320.96
2.56	354.48
2.75	359.49
2.75	359.51

Fuente: Elaboración propia

Datos Para sectorizar la Curva de Capacidad:

$\Delta u =$	2.7508
$\Delta y =$	0.4097
$\Delta p =$	2.3411

$\mu$ capacidad=	6.71
R=	8.39

Creación de los estados de límites ocupacionales de la estructura:

Límites	TIO	IO	LS	CP
0	0.4097	1.11203	1.81436	2.7508
400	0.4097	1.11203	1.81436	2.7508

Fuente: Elaboración propia

Determinación de los Puntos de Desempeño Sísmico Para el Módulo VI:

Método	Dirección	Periodos de Retorno					
		43	72	475	975	1500	2500
ATC-40	YY	0.3817	0.5096	1.1580	1.4967	2.0302	2.5636
		0.3817	0.5096	1.1580	1.4967	2.0302	2.5636
ASCE/SEI 41-13	YY	0.3429	0.4325	0.8565	0.9744	1.2267	1.5013
		0.3429	0.4325	0.8565	0.9744	1.2267	1.5013
	F.E.	0.5	0.6	1	1.1	1.3	1.5
	R	2.00	1.67	1.00	0.91	0.77	0.67

Fuente: Elaboración propia

### SECTORIZACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DEL MÓDULO V EN DIRECCIÓN X

Desplazamiento (cm)	Cortante Basal (Tn)
0.00	0.00
0.45	266.41
0.87	517.40
1.22	683.62
1.70	777.32
2.30	835.93
2.77	876.33

3.27	912.32
3.77	944.42
4.26	973.56
4.82	1001.30
5.41	1026.98
5.47	1029.60
5.56	1032.11
5.64	1035.82
5.16	723.69

Fuente: Elaboración propia

Datos Para sectorizar la Curva de Capacidad:

$\Delta u =$	5.644
$\Delta y =$	0.8743
$\Delta p =$	4.7697

$\mu_{\text{capacidad}} =$	6.46
$R =$	8.07

Creación de los estados de límites ocupacionales de la estructura:

Límites	TIO	IO	LS	CP
<b>0</b>	0.8743	2.30521	3.73612	5.644
<b>1100</b>	0.8743	2.30521	3.73612	5.644

Fuente: Elaboración propia



Determinación de los Puntos de Desempeño Sísmico Para el Módulo V:

Método	Dirección	Periodos de Retorno					
		43	72	475	975	1500	2500
ATC-40	XX	1.1672	1.4067	3.5082	4.6985	5.2654	-
		1.1672	1.4067	3.5082	4.6985	5.2654	-
ASCE/SEI 41-13	XX	1.0454	1.2730	2.5069	2.8892	3.6459	4.3857
		1.0454	1.2730	2.5069	2.8892	3.6459	4.3857
	F.E.	0.5	0.6	1	1.1	1.3	1.5
	R	2.00	1.67	1.00	0.91	0.77	0.67

Fuente: Elaboración propia

### SECTORIZACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DEL MÓDULO V EN DIRECCION Y

Desplazamiento (cm)	Cortante Basal (Tn)
0.00	0.00
0.45	273.97
0.86	507.96
1.31	680.10
1.79	767.45
2.40	836.21
2.92	883.07
3.37	912.21
3.98	944.31
4.59	970.00
5.14	987.51
5.64	1001.24
6.09	1012.24
6.56	1023.82
7.06	1034.47
7.06	989.52
7.08	992.81
7.21	1006.11
7.25	1008.52
7.20	953.16

Fuente: Elaboración propia

Datos Para sectorizar la Curva de Capacidad:

$\Delta u =$	7.0597
$\Delta y =$	1.3661
$\Delta p =$	5.6936

$\mu_{\text{capacidad}} =$	5.17
$R =$	6.46

Creación de los estados de límites ocupacionales de la estructura:

Limites	TIO	IO	LS	CP
0	1.3661	3.07418	4.78226	7.0597
1100	1.3661	3.07418	4.78226	7.0597

Fuente: Elaboración propia

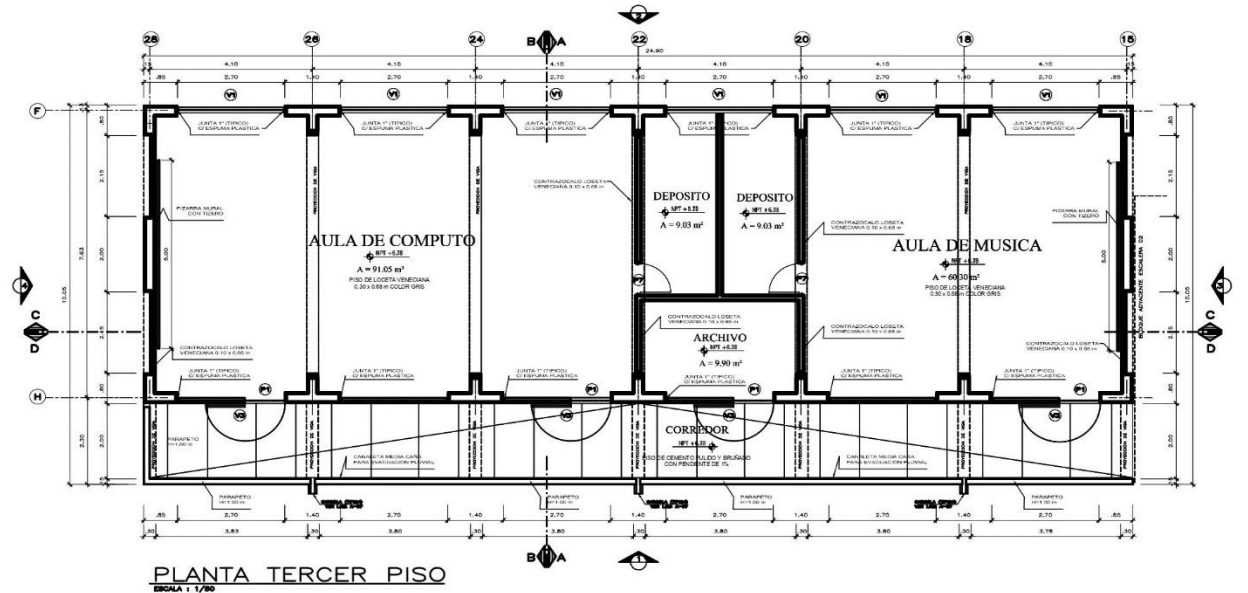
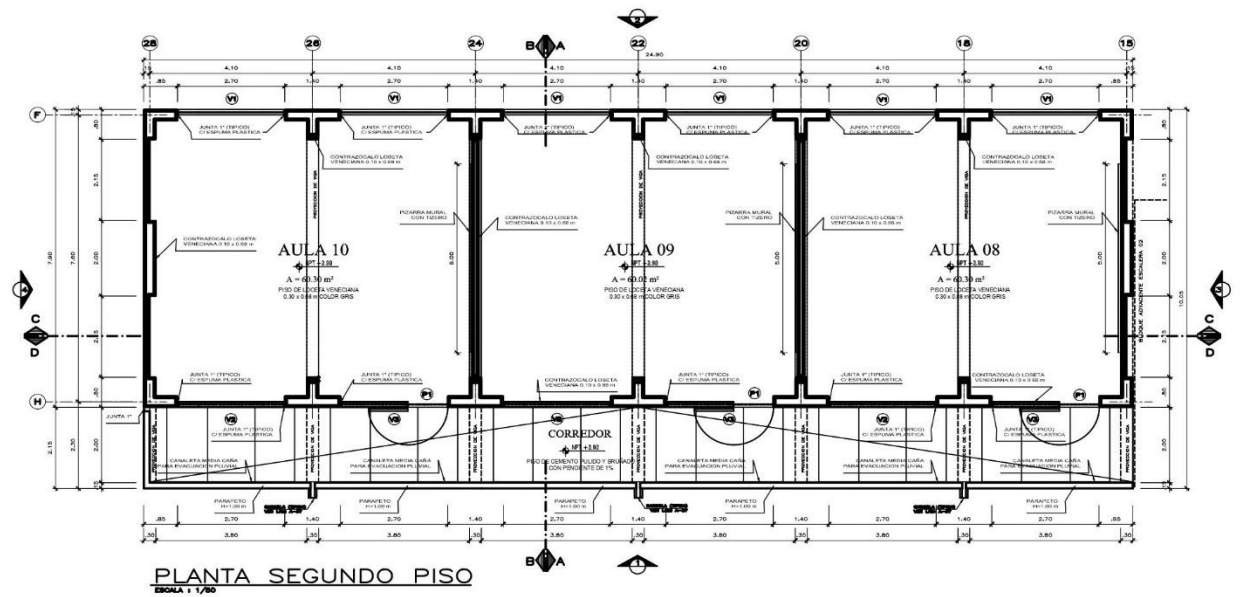
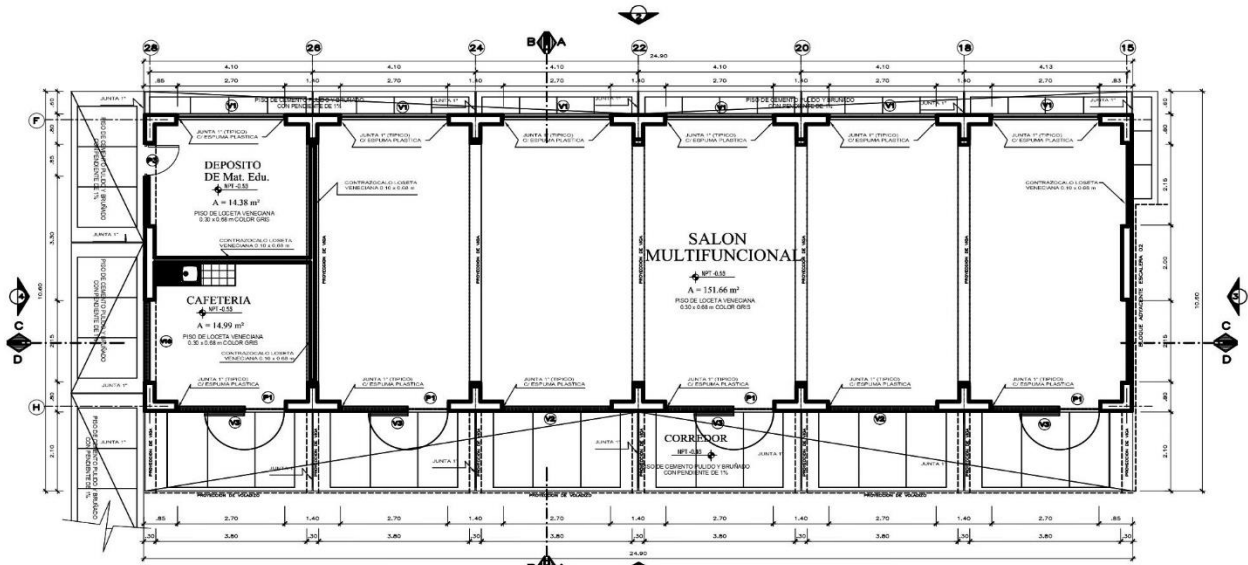
Determinación de los Puntos de Desempeño Sísmico Para el Módulo V:

Método	Dirección	Periodos de Retorno					2500
		43	72	475	975	1500	
ATC-40	YY	1.2529	1.5343	3.6757	5.4471	6.0754	-
		1.2529	1.5343	3.6757	5.4471	6.0754	-
ASCE/SEI 41-13	YY	1.1556	1.4373	2.7044	3.0919	3.9515	4.99
		1.1556	1.4373	2.7044	3.0919	3.9515	4.99
	F.E.	0.5	0.6	1	1.1	1.3	1.5
	R	2.00	1.67	1.00	0.91	0.77	0.67

Fuente: Elaboración propia

## **ANEXO 6: PLANOS EXISTENTES**

# PLANTAS DEL MODULO V



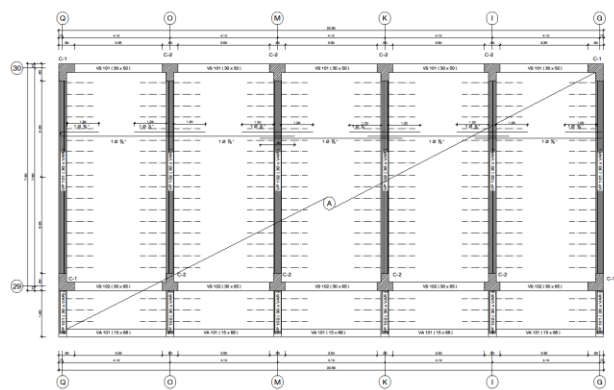
## LOSAS ALIGERADAS DEL MÓDULO V



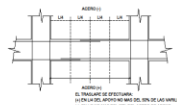
## PLANTA DEL MÓDULO VI



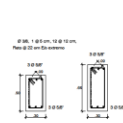
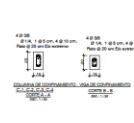
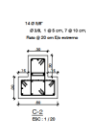
## LOSA ALIGERADA DEL MÓDULO VI



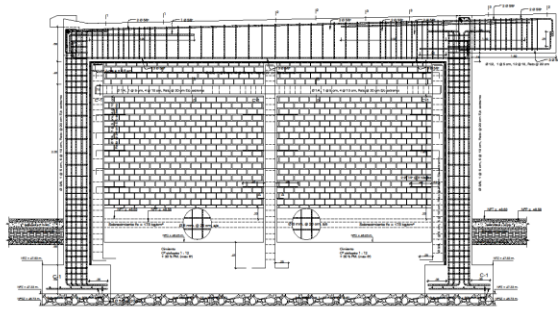
PLANTA ALIGERADO - MODULO VI



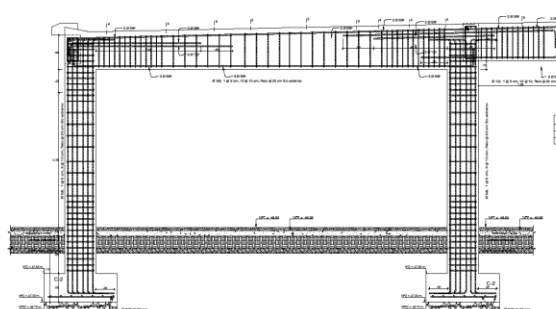
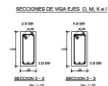
DETALLE TIPO DE ALGERADO



COLUMNAS



ELEVACION ESTRUCTURAL - DESARROLLO DE VIGAS EJE G y Q



ELEVACION ESTRUCTURAL - DESARROLLO DE VIGAS EJE O, M, K

[illegible]

<b>REUBICACION Y CONSTRUCCION DE LA I.E. "HERMANOS BLANCO"</b>			
<b>ALIGERADO - MODULO VI</b>			
SECCION SECTOR : LRA ENCONTRANDO DISTRITO : TUMBUR PROVINCIA : TUMBUR REGION : LA OREJITA	CODIGO <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">E-38</div>		
DIA MES AÑO	FECHA MES AÑO		

## **ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO**





Se observa a los Tesistas realizando la toma de datos con el equipo de esclerometría en la parte inferior de la Columna en L.



Se observa a los Tesistas realizando la toma de datos con el equipo de esclerometría en la parte superior de la Columna en L.





Se observa a los Tesistas realizando la toma de datos con el equipo de esclerometría en la Viga Peralzada



Realizando del Levantamiento de medidas del pasadizo del Módulo V de la I.E de Hermanos Blanco



Realizando del Levantamiento de medidas de Vigas del Módulo V de la I.E de Hermanos Blanco



Realizando del Levantamiento de medidas de Columna en L del Módulo V de la I.E de Hermanos Blanco

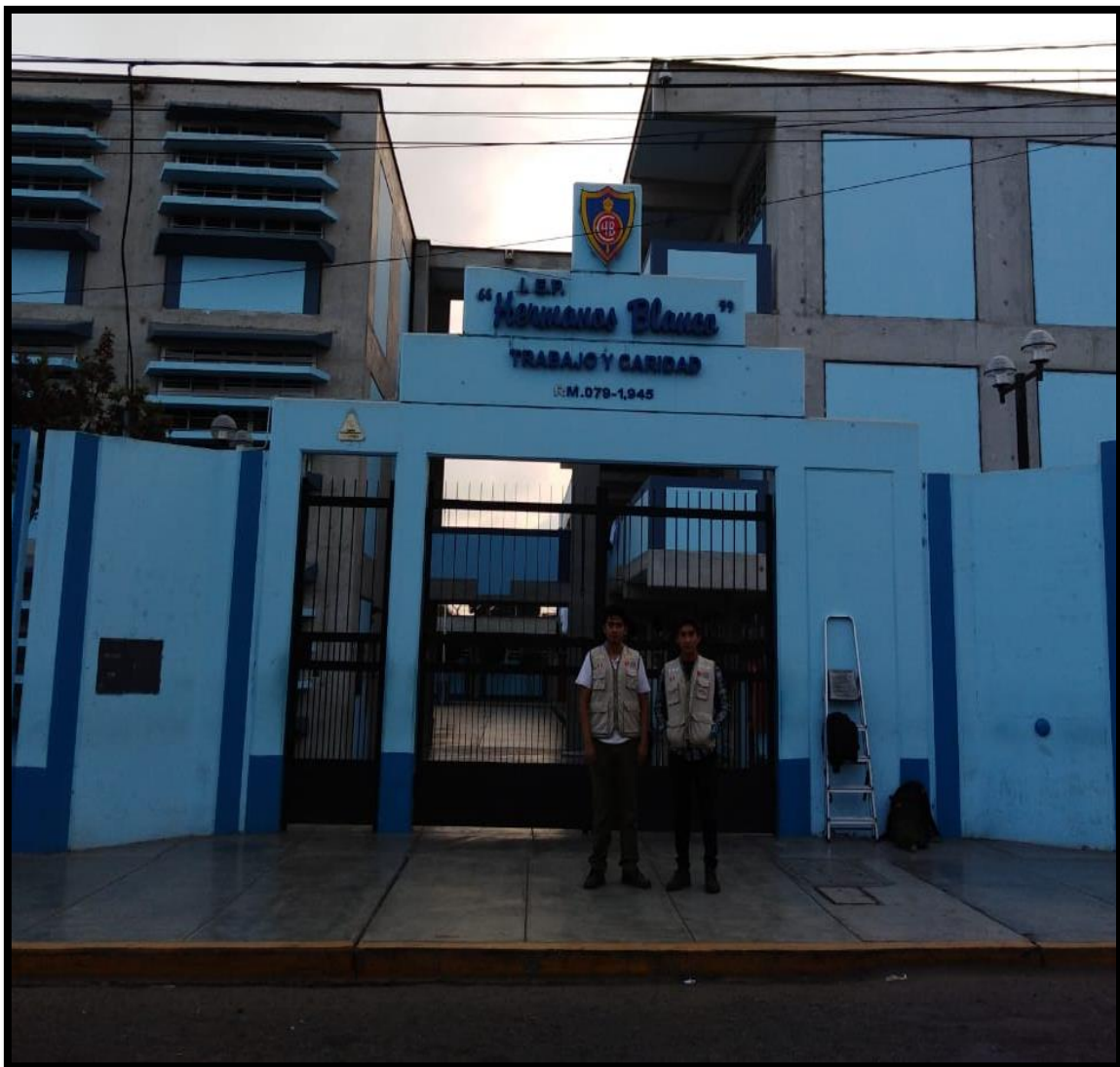




Realizando del Levantamiento de medidas de Columna en L del Módulo VI de la I.E de Hermanos Blanco



Verificación del Peralte Visible de la Viga Principal del Módulo V de la I.E de Hermanos Blanco.



Se observa a los tesistas en el frontis de la Institución Educativa Hermanos Blanco.



## **ANEXO 8: ESTUDIO DE SUELOS EXISTENTE**



**INGEOTEC E.I.R.L.**

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## INFORME TÉCNICO

### ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

OBRA:

### REHUBICACION Y CONSTRUCCION DE LA IE HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO

SOLICITANTE:

**YURI RAFAEL SALDAÑA AHUMADA**  
**INGENIERO**

UBICACIÓN:

LUGAR : Urb. San Fernando  
DISTRITO : Trujillo  
PROVINCIA : Trujillo  
REGION : LA LIBERTAD

FEBRERO del 2010

INGEOTEC E.I.R.L.  
Ing José S. Huertas Poto  
GERENTE



**INGEOTEC E.I.R.L.**

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA CIMENTACION

**Generalidades:** El terreno estudiado donde se proyecta la CONSTRUCCION DE LA IEP HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO, está ubicado a 10 minutos del centro de la ciudad en dirección norte, en la calle Cibeliús N° 1051, urbanización San Fernando, distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Posee un área total de 10,000 metros cuadrados, donde se proyecta construir mediante el sistema de albañilería confinada y pórticos aislados un edificio de 03 niveles, con luces entre columnas que varían entre 4.00 y 5.0 m en ambos ejes.

**Sondajes de exploración:** Se realizaron 05 sondajes de exploración, distribuidos en el terreno de acuerdo al proyecto de arquitectura. Las cotas del terreno que en la parte anterior coinciden con el nivel de vereda están referenciados a una cota relativa de 100.00 msnm.

**Nivel de Aguas Freáticas:** No se ubicaron a la profundidad estudiada, se supone que se encuentra a 15.00 m. Esta profundidad concuerda con el análisis Hidrogeológico del Acuífero de Trujillo, realizado por el Proyecto Chavimochic, considerando que las aguas subterráneas se encontrarían en suelos aluviales con fluctuaciones de  $\pm 0,50$  m.

**Geología:** Regionalmente en el basamento rocoso predomina formaciones marino sedimentarias del Jurásico superior a Cretáceo inferior intrusionada por plutones del Batolito de la Costa y derrames volcánicos de andesita Cretáceo superior – Terciario Inferior, presentes en Cerro Cabra y el flanco oriental de las estribaciones andinas; estas en su conjunto fueron afectas por tectonismo local entre Huanchaco y Salaverry, determinando umbrales marginales de una cuenca de deposición ribereña. Entre el cretáceo superior y terciario inferior, al generarse el solevantamiento de los Andes, tectónicamente la franja costera fue transversalmente disectada extendiéndose la

**INGEOTEC E.I.R.L.**

Ing. José S. Huertas Polo  
GERENTE



# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

Intrusión del Batolito costero en estribaciones, sus remanentes se manifiestan a través de movimientos isostáticos en el ámbito de estructuras paleotectónicas existentes entre el Zócalo Continental y la franja subsidente del contrafuerte andino, activo durante el vulcanismo del terciario inferior. Según Wilson (INGEMMET 1963) regionalmente Trujillo se encuentra entre segmentos paleo tectónicos que limitan estructuras de transición al Arco de Olmos hacia el Norte y la gran cuenca volcánica sedimentaria que se extiende de Trujillo al sur, considerado a esta zona con características especiales de esfuerzos tectónicos coincidentes con procesos de inyección volcánica que ha saturado las estructuras comprometidas en la Tectónica local, además, define como pilares tectónicos a intrusiones plutónicas de cámara profunda como la de Cerro La Virgen en Huanchaco y Cerro Cabra. Localmente el suelo se encuentra alterado por adición orgánica y restos antrópicos, conformando una cobertura de arcillas con material orgánico en un largo espacio de tiempo hasta profundidades  $-0,40$  m en promedio, a esta cobertura subyace un perfil heterogéneo conformado por materiales arcillosos ligeramente plásticos en la parte superior y suelos areno arcillosos en la parte inferior.

**Geotécnia:** El suelo de apoyo estudiado se desarrolla a partir de 1.50 metros en promedio desde el nivel del terreno natural, identificándose como una Arena Uniforme (SP), se encuentra en un estado de consistencia semi dura con estructura tipo no cohesiva y partículas de forma sub redonda. Generalmente estos materiales en este estado poseen regular capacidad de carga, recomendándose conectar la cimentación por medio de vigas de cimentación, las mismas que tendrán la función de evitar asentamientos diferenciales inesperados y absorber cualquier esfuerzo de torsión debido a la colocación de zapatas excéntricas, el diseño estructural será proyectada en base a las cargas que llegan en cada columna. Existe evidencia de moderada cantidad de sales solubles totales, por lo que recomendamos utilizar cemento tipo II ó similar en el diseño de las cimentaciones. En los cálculos suponemos que el agua freática NO llegará a saturar el suelo de apoyo, por lo que estimamos que la cimentación estará en la condición de parcialmente saturada en toda su vida útil.

INGEOTEC E.I.R.L.  
*Ing. José S. Huertas Polo*  
GERENTE





# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

**Suelo de Apoyo:** SP (Arena Uniforme), desarrollada a partir de -1.50 m desde el nivel actual de vereda.

## Principales Parámetros de los suelos:

Contenido de humedad: 0.552 %  
Densidad Unitaria: 1.65 g/cm<sup>3</sup>  
Cohesión: 0.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Angulo de Fricción interna: 32°  
Permeabilidad: 2.12E-02 cm/seg  
Sales Solubles Totales: 1,100 ppm (agresividad moderada)  
Módulo Elástico: 140 kg/cm<sup>2</sup>  
Módulo de Poisson: 0.25  
Módulo de Corte: 56 kg/cm<sup>2</sup>  
Coeficiente de Balasto: 2.22 kg/cm<sup>3</sup>  
Velocidad de Onda de Corte: 186 m/seg.

## Geometría de la Cimentación:

Tipo de Cimiento: Superficial ( $Df/B \leq 2$ )  
Ancho de los Cimientos (opcional):  $B = 0.60$  m para cimientos corridos y  $B = 1.50$  m para cimientos cuadrados.  
Profundidad de Desplante:  $Df = 1.50$  m para los cimientos corridos y  $Df = 1.70$  m para los cimientos cuadrados desde el nivel de terreno natural.

## Capacidades Admisibles (o de trabajo):

Para cimientos corridos:  $q_a = 1.19$  kg/cm<sup>2</sup> (obtenido por esfuerzo de corte)  
Para cimientos cuadrados:  $q_a = 1.53$  kg/cm<sup>2</sup> (obtenido por asentamiento)

INGEOTEC E.I.R.L.  
Ing. José S. Huertas Polo  
GERENTE



# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## Deformaciones de los suelos:

Asentamiento Total Tolerable (S): 2.50 cm

Luces entre columnas (L): 4.00 m

Distorsión Angular ( $\alpha$ ) =  $S/L = 2.50/400 = 0.0063$

Distorsión Angular máximo según norma E.050 =  $1/150 = 0.0067$

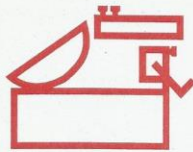
## Parámetros Sísmicos:

En el Cerro Cabra que tiene rumbo Norte Noroeste (N326°E) se encuentra una falla de tensión que fuera suturada hasta su coronación a 665 m.s.n.m. por andesita y melanodiorita de la formación Casma. La región de Trujillo es considerada como área de moderada concentración sísmica, caracterizada por movimientos con hipocentros entre 40 y 70 Km de profundidad frente al litoral de Trujillo y Puerto Amorín. Con relación a focos sísmicos regionales, se estima que con una frecuencia de 70 años pueda alcanzar una magnitud de 6,5 mb y una aceleración de 0,083 g para condiciones medias de cimentación en material suelto. Regionalmente el área en estudio se encuentra dentro de un segmento estructural competente entre pilares tectónicos que hacen marco a estructuras con depresiones en la franja costera de Trujillo comprendida por el basamento de la Quebrada de El León, El Milagro y San Ildefonso. Se deben considerar los siguientes parámetros:  $Z = 0.40$  g,  $U = 1.50$ ,  $C = 2.50$  (Chequear estructuralmente, con  $T_p = 0.90$  seg),  $S = 1.40$ ,  $R = 6.0$ .

Trujillo, 01 de Febrero del 2010

INGEOTEC E.I.R.L.

Ing. José S. Huertas Polo  
GERENTE



# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: CONSTRUCCION DE LA IEP HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO  
 UBICACIÓN: URB. SAN FERNANDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 SOLICITANTE: YURI SALDAÑA AHUMADA - INGENIERO  
 FECHA: TRUJILLO, 01 DE FEBRERO DEL 2010  
 CANTERA: MATERIAL IN SITU  
 CLASE DE SUELO: LIMO NO PLASTICO

Prof (m) : 2.10 - 2.35  
 Sondaje: PC-1  
 Muestra: M-2

## LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

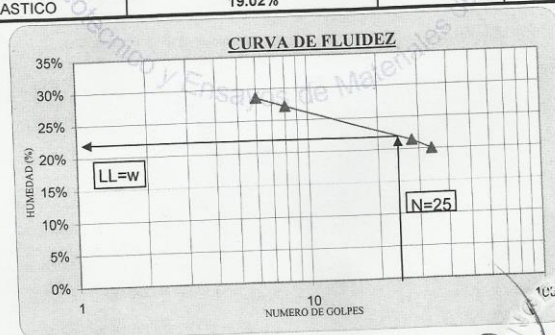
LL	LP	IP
23.00%	19.02%	3.98%

### LIMITE LIQUIDO

TARA No	5	2	1	6
Tara + suelo húmedo	56.45	56.68	59.01	59.63
Tara + suelo seco	47.80	48.26	51.82	52.80
Agua	8.65	8.42	7.19	6.83
Peso de la tara	17.55	17.29	18.21	18.65
Peso del suelo seco	30.25	30.97	33.61	34.15
% humedad	28.60%	27.19%	21.39%	20.00%
No. golpes	6	8	28	34
LIMITE LIQUIDO	23.00%			

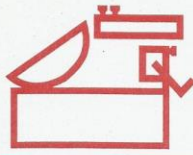
### LIMITE PLASTICO

TARA No	3	4		
Tara + suelo húmedo	41.89	42.41		
Tara + suelo seco	38.49	39.35		
Agua	3.40	3.06		
Peso de la tara	21.40	22.48		
Peso del suelo seco	17.09	16.87		
% humedad	19.89%	18.14%		
LIMITE PLASTICO	19.02%			



INGEOTEC E.I.R.L.  
 Ing. José S. Huertas Polo  
 GERENTE





# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## PARAMETROS DE LOS SUELOS

OBRA: CONSTRUCCION DE LA IEP HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO  
UBICACIÓN: URB. SAN FERNANDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
SOLICITANTE: YURI SALDAÑA AHUMADA - INGENIERO  
FECHA: TRUJILLO, 01 DE FEBRERO DEL 2010

### DATOS GENERALES:

SUELO IDENTIFICADO: SP (ARENA UNIFORME)

DESARROLLO: A PARTIR DE -1.50 m DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

### 1) Densidad Relativa (Dr) y Angulo de fricción (φ)

$$Dr(\%) = 11.7 + 0.76(222N_{campo} + 1600 - 7.68 G'o - 50Cu^2)^{0.50}$$

Ncampo = 13  
G'o = 22.47 kN/m<sup>2</sup>  
Cu = 2.33  
Ncorr = 13

Dr(%) = 60 %

$$\phi_1 = 27.1 + 0.3 N_{corr} - 0.00054 N_{corr}^2$$

$$\phi_2 = (20 N_{corr})^{1/2} + 20$$

φ1 = 31 grados

φ2 = 36 grados

### 2) CONSTANTE DE BALASTO (Ks)

$$K_s = q/St \text{ kg/cm}^3$$

q = Esfuerzo Transmitido  
St = Asentamiento

Ks = 2.22 kg/cm<sup>3</sup>

### 3) MODULOS DINAMICOS:

$$E = 5 \cdot (N+15)$$

N = 13

E = 140 kg/cm<sup>2</sup>

$$G = E/2 \cdot (1+v)$$

v = 0.25

G = 56 kg/cm<sup>2</sup>

### 4) VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (Vs)

$$V_s = 84 \cdot N^{0.5} \text{ m/seg}$$

N = 13

Vs = 186 m/seg

INGEOTEC E.I.R.L.

Ing. José S. Huertas Polo  
GERENTE





# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR CORTE EN CIMENTOS CORRIDOS Y CUADRADOS

OBRA: CONSTRUCCION DE LA IEP HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO  
UBICACIÓN: URB. SAN FERNANDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
SOLICITANTE: YURI SALDAÑA AHUMADA - INGENIERO  
FECHA: TRUJILLO, 01 DE FEBRERO DEL 2010  
SUELO IDENTIFICADO: SP (ARENA UNIFORME)  
DESARROLLO: A PARTIR DE -1.50 m DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

### CIMENTACION CORRIDA:

FORMULA:  $q_a = [0.5 \cdot B \cdot N_c + c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q] \cdot 1/F$

Donde:

$\gamma_1$ (ton/m <sup>3</sup> ) =	1.65
$\gamma_2$ (ton/m <sup>3</sup> ) =	1.65
B (mts) =	0.60
c (ton/m <sup>2</sup> ) =	0.00
$\phi$ (grados) =	32
$N_c =$	$tg^5(\theta)$
$N_q =$	$2tg^3(\theta) + 2tg(\theta)$
$D_f$ (mts) =	1.50
F =	3.00
$N_c =$	19
$N_q =$	15
$N_q =$	11

$$\theta = (45 + \phi/2)$$

$q_a$ (ton/m <sup>2</sup> ) =	11.89	1.19 kg/cm <sup>2</sup>
-------------------------------	-------	-------------------------

### CIMENTACION CUADRADA:

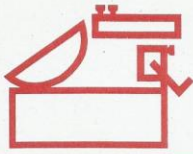
FORMULA:  $q_a = [0.42 \cdot B \cdot N_c + 1.2 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q] \cdot 1/F$

B (mts) =	1.50
$D_f$ (mts) =	1.70

$q_a$ (ton/m <sup>2</sup> ) =	16.53	1.65 kg/cm <sup>2</sup>
-------------------------------	-------	-------------------------

INGEOTEC E.I.R.L.

Ing. José S. Huertas Polo  
GERENTE



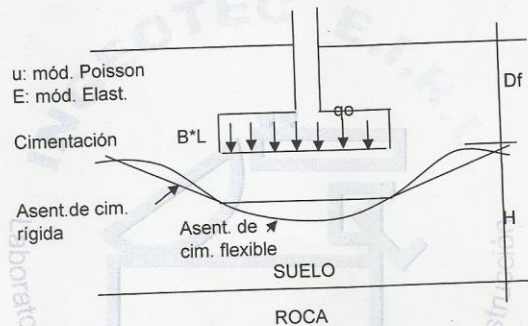
**INGEOTEC E.I.R.L.**

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## ASENTAMIENTO INMEDIATO EN ARENAS

OBRA: CONSTRUCCION DE LA IEP HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO  
 UBICACIÓN: URB. SAN FERNANDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 SOLICITANTE: YURI SALDAÑA AHUMADA - INGENIERO  
 FECHA: TRUJILLO, 01 DE FEBRERO DEL 2010  
 SUELO IDENTIFICADO: SP (ARENA UNIFORME)  
 DESARROLLO: A PARTIR DE -1.50 m DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

### ASENTAMIENTO INMEDIATO



Si  $D_f = 0$  y  $H = \infty$ ; Cimentación Flexible  

$$S_e = \frac{B q_0 (1-u^2) \alpha}{E} \quad (\text{Esquina de la cimentación flexible})$$

$$S_e = \frac{B q_0 (1-u^2) \alpha}{E} \quad (\text{Centro de la cimentación flexible})$$

$$S_e = \frac{0.80 B q_0 (1-u^2) \alpha}{E} \quad (\text{Centro de la cimentación rígida})$$

Donde:

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left\{ \ln \left( \frac{(1+m^2)^{1/2} + m}{((1+m^2)^{1/2} - m)} \right) + m \ln \left( \frac{(1+m^2)^{1/2} + 1}{((1+m^2)^{1/2} - 1)} \right) \right\}$$

$m = L/B$

$B$  = ancho de la cimentación  $E$  = módulo de Elasticidad

$L$  = longitud de la cimentación  $u$  = módulo de Poisson

$q_0$  = esfuerzo transmitido

### PARA LA CIMENTACION CUADRADA

B (cm):	150
L (cm):	150
m :	1.00
qa (kg/cm²) :	1.65
u :	0.25
E (kg/cm²):	140
$\alpha$ :	1.12

Se (cm) flex. esq:	0.931
Se (cm) flex. cent:	1.863
Se (cm) rígida :	1.490

INGEOTEC E.I.R.L.

Inge. José S. Huertas Polo  
 GERENTE



# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## CAPACIDAD DE CARGA POR ASENTAMIENTO EN CIMIENTOS CORRIDOS

Hoja 1 de 1

OBRA: CONSTRUCCION DE LA IEP HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO  
UBICACIÓN: URB. SAN FERNANDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
SOLICITANTE: YURI SALDAÑA AHUMADA - INGENIERO  
FECHA: TRUJILLO, 01 DE FEBRERO DEL 2010

### DATOS GENERALES:

SUELO IDENTIFICADO: SP (ARENA UNIFORME)

DESARROLLO: A PARTIR DE -1.50 m DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

### PRESION ADMISIBLE EN ARENAS BASADAS EN CONSIDERACIONES DE ASENTAMIENTO:

#### a) Para 25 mm de asentamiento (Meyerhof, 1956):

$$q_a(\text{neta}) = 11.98 \text{ Ncor Cw} \quad (\text{kN/m}^2) \quad B \leq 1.22 \text{ m}$$

#### b) En función del Asentamiento Tolerable (Bowles, 1977):

$$q_a(\text{neta}) = 19.16 \text{ Ncor Fd} / (Se/25) \text{ Cw} \quad (\text{kN/m}^2) \quad B \leq 1.22 \text{ m}$$

#### Donde:

$$q_a(\text{neta}) = q_a - \gamma D_f$$

$q_a$  = Presión Admisible

$\gamma$  = peso específico del suelo

$D_f$  = Profundidad de desplante

Ncor = Número de penetración dinámica corregida.

Se = Asentamiento Tolerable

$$F_d = 1 + 0.33 (D_f/B) \leq 1.33$$

$$Se = q_a(\text{neta}) / 0.25 \text{ Ncor}$$

$$C_w = 0.50 + 0.50 * (D_w / (D_f + B))$$

$D_w$  = Nivel Freático (m)

Para nuestro caso, con  $B < 1.20 \text{ m}$ :

$q_a(\text{neta}) =$	0.94	(kg/cm <sup>2</sup> )	92.46	(kN/m <sup>2</sup> )
Ncor =	13			
B (m) =	0.60			
$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> ) =	1.65			
$D_f$ (m) =	1.50			
$D_w$ (m) =	2.10			
$F_d =$	1.83	$> 1.33 \rightarrow 1.33$		
Se =	28.45	mm		
$C_w =$	1.00			

Luego:

$q_a =$	1.59	(kg/cm <sup>2</sup> )	155.74	(kN/m <sup>2</sup> )	Se: 25.00 mm
$q_a =$	2.97	(kg/cm <sup>2</sup> )	291.11	(kN/m <sup>2</sup> )	Se: 28.45 mm

$$q_a = 1.59 \text{ kg/cm}^2$$

INGEOTEC E.I.R.L.

Ing. José S. Huertas Polo  
GERENTE





# INGEOTEC E.I.R.L.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## CAPACIDAD DE CARGA POR ASENTAMIENTO EN CIMIENTOS CUADRADOS

Hoja 1 de 1

OBRA: CONSTRUCCION DE LA IEP HERMANOS BLANCO DE TRUJILLO

UBICACIÓN: URB. SAN FERNANDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE: YURI SALDAÑA AHUMADA - INGENIERO

FECHA: TRUJILLO, 01 DE FEBRERO DEL 2010

### DATOS GENERALES:

SUELO IDENTIFICADO: SP (ARENA UNIFORME)

DESARROLLO: A PARTIR DE -1.50 m DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

### PRESION ADMISIBLE EN ARENAS BASADAS EN CONSIDERACIONES DE ASENTAMIENTO:

a) Para 25 mm de asentamiento (Meyerhof, 1956):

$$q_a(\text{neta}) = 7.99 N_{cor} ((3.28B+1)/3.28B)^2 C_w \quad (\text{kN/m}^2) \quad B > 1.22 \text{ m}$$

b) En función del Asentamiento Tolerable (Bowles, 1977):

$$q_a(\text{neta}) = 11.98 N_{cor} ((3.28B+1)/3.28B)^2 F_d (S_e/25) C_w \quad (\text{kN/m}^2) \quad B > 1.22 \text{ m}$$

Donde:

$$q_a(\text{neta}) = q_a - \gamma D_f$$

$q_a$  = Presión Admisible

$\gamma$  = peso específico del suelo

$D_f$  = Profundidad de desplante

$N_{cor}$  = Número de penetración dinámica corregida.

$S_e$  = Asentamiento Tolerable

$$F_d = 1 + 0.33 (D_f/B) \leq 1.33$$

$$S_e = q_a(\text{neta}) / 0.25 N_{cor}$$

$$C_w = 0.50 + 0.50 (D_w / (D_f + B))$$

$D_w$  = Nivel Freático (m)

Para nuestro caso, con  $B > 1.20 \text{ m}$ :

$q_a(\text{neta}) =$	1.37	(kg/cm <sup>2</sup> )	134.35	(kN/m <sup>2</sup> )
$N_{cor} =$	13			
$B(\text{m}) =$	1.50			
$\gamma(\text{ton/m}^3) =$	1.65			
$D_f(\text{m}) =$	1.70			
$D_w(\text{m}) =$	3.20			
$F_d =$	1.37	$\leq 1.33 \rightarrow 1.33$		
$S_e =$	41.34	mm		
$C_w =$	1.00			

Luego:

$q_a =$	1.53	(kg/cm <sup>2</sup> )	150.38	(kN/m <sup>2</sup> )	$S_e: 25.00 \text{ mm}$
$q_a =$	5.06	(kg/cm <sup>2</sup> )	495.88	(kN/m <sup>2</sup> )	$S_e: 41.34 \text{ mm}$

$$q_a = 1.53 \text{ kg/cm}^2$$

INGEOTEC E.I.R.L.

Ing. José S. Huertas Polo  
GERENTE

## **ANEXO 8: ACCESO A LA INFORMACIÓN Y PERMISOS DE INGRESO**

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

Trujillo, 10 de abril del 2019.

**CARTA N°135-2019-GR-LL-GOB/AIP**

Señor  
**IVÁN CISNEROS DE LA CRUZ**  
Calle Simón Bolívar N° 200 - Vista Alegre  
[nonacivan@gmail.com](mailto:nonacivan@gmail.com)  
Cel. 952974810  
**Victor Larco Herrera.-**

Asunto : Comunica liquidación del costo de reproducción por información solicitada.

Referencia : a) Solicitud de A.I.P. con Reg. N° 05073505 - Exp. N° 04312696.  
b) Solicitud de A.I.P. con Reg. N° 05073563 - Exp. N° 04312742.

Es grato dirigirme a Usted para saludarle cordialmente, en atención a lo señalado en la referencia y dando cumplimiento a lo establecido en el inciso c) del Artículo 5° del Decreto Supremo N° 070-2013-PCM - Decreto Supremo que modifica el Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, se le comunica que el costo de reproducción por la información solicitada es por el concepto de 02 CDs; el mismo que deberá cancelar en el Área de Caja de la Subgerencia de Tesorería de la presente entidad, sito en Psje. Los Berilos S/N - Urb. Santa Inés - Trujillo.

Posteriormente, sírvase apersonar a la Oficina de Trámite Documentario, anunciándose con el personal encargado de Acceso a la Información Pública, para recabar su información.

Sin otro particular, me suscribo de Usted, expresándole muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



REGION "LA LIBERTAD"

Francisco Fajón Gómez Sánchez  
RESPONSABLE DE ACCESO A LA  
INFORMACION PUBLICA

TOMÉ CONOCIMIENTO DE LA LIQUIDACIÓN DEL COSTO DE REPRODUCCIÓN	RECIBÍ CONFORME LA INFORMACIÓN SOLICITADA
Fecha: .....	Fecha: ..... Recibo N° .....
Hora: .....	Hora: .....
DNI: .....	DNI: .....
Firma: .....	Firma: .....

FFGS/dsdd

Reg. Doc.: **05079149**Reg. Exp.: **04312742****"Justicia Social con Inversión"**

Sede Central: Los Brillantes 650 - Urb. Santa Inés - Central Telefónica: 604000-Anexo: 2267

Página web: [www.regionlalibertad.gob.pe](http://www.regionlalibertad.gob.pe)



REGION LA LIBERTAD  
SEDE CENTRAL - RUC: 20440374248  
Los Brillantes N° 650 - Urb. Santa Inés  
Telf. 604053 - 604054  
Trujillo - Perú

## RECIBO DE INGRESO A CAJA N° 001590

IVAN CISNEROS DE LA CRUZ

Hemos Recibido de: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

POR CONCEPTO DE		IMPORTE
PAGO POR 02 CD DE ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA	S/	2.40
Referencia SIAF. N° _____	C/P N° _____	
Cheque N° _____	Banco _____	
Unidad y/o Gerencia _____	Código de Trámite _____	
Son: _____		
Observaciones: _____		
TOTAL S/		2.40



V° B° TESORERO

11 04  
Trujillo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2019

Las devoluciones debidamente reconocidas se procesan de acuerdo al Artículo N° 73 de la Directiva de Tesorería N° 001-2007-EF/77.15

USUARIO



**SOLICITUD**

Srta. :

Zhindy Minez Oliva

Directora

Trujillo/Trujillo/La Libertad



Trujillo, 23 de mayo de 2019

Es grato dirigirnos hacia usted, los estudiantes Ivan Cisneros de la Cruz identificado con N° de DNI: 71590097 Y Diego Gonzales Bejarano identificado con DNI: 75876202 de la Universidad Cesar Vallejo del noveno ciclo de la carrera de ingeniería civil, para poder expresarle lo siguiente:

Solicitamos su permiso de acceso a las instalaciones de la institución educativa Hermanos Blanco, para poder realizar unas visitas técnicas, toma de datos de la infraestructura con la finalidad de poder realizar y presentar un proyecto de investigación universitario (Tesis)

Agradecemos hacia usted su apoyo y comprensión en que pueda atender nuestra solicitud.

Atentamente, Los solicitantes.

Firma del estudiante

Diego Gonzales Bejarano

Firma del estudiante

Ivan Cisneros de la cruz